Lidia GAIGINSCHI

CORELAREA PERFORMANŢELOR PARTICIPANŢILOR LA TRAFICUL RUTIER

SUPORT DE CURS

CORELAREA PERFORMANTELOR PARTICIPANTILOR LA TRAFICUL RUTIER

- CURS -

CUPRINS

CAPITOLUL 1

REACTIILE CONDUCATORULUI DE VEHICUL

Experiența acumulată în cazuistica accidentelor rutiere grave indică faptul că 80 % dintre ele sunt datorate factorului uman [9] , erorile de pilotaj reprezentând o pondere însemnată. Ca şi în viață, omul are un comportament bine individualizat referitor la “talentul” de a se adapta şi de a reacționa la diversele situații care îl pot pune în conflict şi cu alți semeni sau care îi pot afecta sănătatea. Cu toate deosebirile impuse de nivelul educației, de origine, de simțul de răspundere, de caracter, etc, reacțiile emoționale în fața unui pericol de accident care constă în posibilitatea rănirii proprii sau a altor participanți la trafic sunt aproximativ similare sub aspectul timpului şi eventual şi al manevrelor de evitare. Această afirmație este valabilă atâta timp cât comportamentul uman nu este influențat de factori perturbatori, cum ar fi consumul de alcool, oboseala avansată, boli care afectează simțurile percepției exterioare, etc.

- Comportamentul conducătorului auto se apreciază prin posibilitățile avute la dispoziție în perceperea stării de pericol, prin manevrele de conducere (frânare, accelerare, viraj de ocolire, etc.), prin eficiența măsurilor de evitare luate, prin durata reacției sale la execuția unei măsuri de evitare, etc.

Stabilirea duratei reacției şoferului reprezintă factorul principal pe baza căruia se analizează şi se evaluează comportamentul său, celelalte elemente având rolul de susținere a valorilor obținute în urma prelucrării probelor materiale.

1.1. Componentele timpului de reacție.

In majoritatea cazurilor un accident de circulație poate fi anticipat în timp şi spațiu de conducătorii auto angajați, indiferent dacă au creat sau nu starea de pericol. Cele mai acute situații de accident sunt acelea în care timpul scurs între apariția starii de pericol şi momentul declanşării proceselor care pun în pericol viața au valori relativ reduse, mai mici sau egale cu durata necesară intrării efective în funcțiune a unei manevre de evitare. Frecvent, asemenea situații care impun reacții denumite generic de “urgență maximă ” se referă la:

- pătrunderea rapidă pe un drum cu prioritate a unor vehicule care circulă în intersecții sau pe

drumuri fără prioritate, fără a respecta prevederea “cedează trecerea”;

- traversarea imprevizibilă şi bruscă a drumului de către unul sau mai mulţi pietoni prin locuri improprii acestui scop;
- înscrierea bruscă a unui autovehicul fără o prealabilă semnalizare pe banda pe care se deplasează în spate, cu viteză mai mare, un alt autovehicul;
- înscrierea bruscă a unui autovehicul în depă şirea altui vehicul, când din sens contrar circulă alte vehicule, la distanţe relativ mici;
- apariţia bruscă a unui pieton sau vehicul a cărui vizibilitate a fost împiedicată de către un alt vehicul.

Dacă măcar unul din conducătorii auto aflaţi într-una din situaţiile menţionate reacţionează prin efectuarea unor manevre adecvate există şanse ca urmările accidentului să fie mai puţin grave sau chiar ca acesta să nu se mai producă .

Starea de pericol constă în modificarea unor factori din mediul înconjură tor, care în majoritatea cazurilor este perceput pe cale vizuală; deseori însă sesizarea unui eventual pericol este posibilă prin simţul vestibular (senzaţia de echilibru) sau chiar pe cale auditivă. Conducătorul vehiculului poate reacţiona prin manevrele clasice avute la dispoziţie, adică frânare energică, viraj de ocolire, accelerare bruscă sau combinaţii ale acestora. Asemenea manevre sunt impuse de o stare de urgenţă şi în mod obişnuit sunt rezultatul unor hotărâri reflexe. De aceea ele diferă esenţial de manevrele similare efectuate în urma unor decizii conştiente care au la bază raţionamente derulate pe perioade suficient de mari.

Orice manevră de evitare poate intra efectiv în funcţiune numai după trecerea unui timp din momentul perceperii stării de pericol de către conducătorul vehiculului; această durată poartă denumirea de timp de reacţie al ansamblului şofer-vehicul. De pildă, timpul de reacţie la frânare al ansamblului şofer-vehicul este cuprins între momentul în care este sesizat pericolul şi momentul în care roţile încep să frâneze.

Durata reacţiei ansamblului şofer-vehicul se compune din timpul de reacţie al conducătorului t_r şi din timpul de reacţie t_s al sistemului mecanic acţionat de acesta.

Timpul t_r depinde numai de calităţile conducătorului de vehicul şi se defineşte prin durata între momentul sesizării unui pericol şi momentul începerii apăsării pedalei frânei (începerii rotaţiei volanului).

In perioada t_r se desfăşoară urmă toarele procese: percepţia, recunoaşterea, raţionamentul, decizia, acţionarea muşchilor şi în cazul frânării, deplasarea tălpii piciorului de pe pedala acceleraţiei pe pedala frânei.

Durata reacţiei sistemului t_s este influenţată de caracteristicile tehnice ale frânei sau

mecanismului de direcţie; *timpul t_s se defineşte între momentele începerii apăsării pedalei frânei (începerea rotirii volanului) şi începerea frânării roţilor (începerea virajului vehiculului).*

Din momentul începerii frânării roţilor (începerii virajului) şi până când se ajunge la eficienţa maximă a frânării (viteza cea mai mare de creştere a înclinaţiei axei logitudinale a vehiculului virat) se mai scurge o perioadă t_m, numită întârziere mecanică . Suma $t_r + t_s + t_m$ poartă denumirea de timp de întârziere la frânare (sau la viraj).

Cercetările expuse în literatura de specialitate în legătură cu timpul de reacţie al conducătorului de vehicul se bazează numai pe determinări experimentale, efectuate în diverse condiţii, cu scopul de a stabili şi influenţele unor factori care afectează comportamentul uman. Relevante sunt valorile prezentate în tab. 1.1, care se referă la comportamentul uman al unor conducă tori obişnuiţi, puşi să reacţioneze prin frânare sau viraj în condiţii care diferă prin gradul de periclitate.

Spre deosebire de situaţiile de urgenţă menţionate anterior, considerate ca având un grad de periclitate ridicat, cele cu un grad mediu sau chiar redus constau în:

- traversarea străzii de către un pieton începând de la stânga la dreapta (pentru circulaţia pe partea dreaptă);
- intenţia de viraj către stânga a unui autovehicul care se deplasează din direcţie opusă ;
- intenţia de pătrundere a unui autovehicul de pe un drum auxiliar pe un drum cu prioritate;
- intenţia de viraj la stânga, fără a o semnaliza, a unui vehicul aflat în faţă la o distanţă relativ mare.

Valorile indicate în tab. 1.1 se referă la situaţii în care conducătorul de vehicul nu se aşteaptă la vreun pericol şi priveşte normal către înainte; dacă el este avizat în prealabil, sau dacă circulă pe un sector de drum ori în condiţii predispuse să genereze pericole specifice, timpul său de reacţie este sensibil mai scurt, cu până la 40%.

In momentul de faţă atât în ţara noastră cât şi în celelalte ţări Europene se consideră că o valoare a timpului de reacţie între 0,8 şi 1,0 secunde reflectă comportamentul normal al unui şofer cu vârsta de 25…35 ani, odihnit, cu o experienţă medie în conducere, neavizat în prealabil de un posibil pericol de accident, care priveşte liniştit înainte. Pe porţiunile de drum cu pericole specifice de accident, mai ales semnalizate, cum ar fi treceri de pietoni, drumuri cu denivelări, curbe periculoase, intersecţii nedirijate, drumuri alunecoase, alte pericole, etc. se poate considera că şoferul se aşteaptă deja la pericol, timpul său de reacţie fiind cuprins între 0,4 şi 0,6 secunde.

Tabelul 1.1. Valori obişnuite ale componenților timpilor de reacție la frânare sau viraj pentru conducătorii de vehicule confruntați cu situații de accident cu grad de periclitate diferit [5] .

Gradul de periclitate a situației	Redus				Mediu	Inalt
Tipul reacției	Frânare	Viraj	Concomitent		Frânare	Frânare
			Frânare	Viraj		
Perioada de percepție [s]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15
Perioada de raționament [s]	0,40	0,40	0,40	0,40	-	-
Perioada de decizie [s]	0,31	0,55	0,27	0,43	0,31	0,31
Perioada dirijării stimulului [s]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Deplasarea tălpii piciorului de pe pedala de accelerație pe pedala frânei [s]	0,20	-	0,33	-	0,25	0,22
Dirijarea sistemului de apăsare pe pedală (sau de rotire a volanului) [s]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Timpul de reacție al conducătorului [s]	1,27	1,31	1,36	1,19	0,92	0,74
Durata reacției sistemului [s]	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2	0,2
Durata reacției ansamblului şofer-autovehicul	1,47	1,46	1,56	1,34	1.12	0,94

Stabilirea sau adoptarea corectă a timpului de reacție al conducătorului de autovehicul necesită o analiză profundă a tuturor factorilor care îl pot influența. Intrucât valoarea lui atârnă greu în hotărârea organului judiciar asupra culpabilității participanților la trafic, în expertiza tehnică este necesar să fie menționate expres toate aspectele care au fost luate în considerație cu privire la timpul de reacție.

1.2. Influențe asupra reacțiilor conducătorului de autovehicul.

Posibilitatea evitării unui accident depinde deopotrivă de durata reacțiilor cât şi de puterea de judecată a conducătorului auto. Cu cât durata reacției este mai scurtă, cu atât manevra decisă

va intra în funcţiune mai devreme, iar şansele de evitare sau de eliminare a urmărilor accidentului cresc. Puterea de judecată influenţează corectitudinea hotărârilor luate, adică eficienţa măsurilor de evitare care au fost decise. Ambele aspecte depind de o mare diversitate de factori, care împreună cu comportamentul individualizat al fiecărui conducător de vehicul fac deosebit de dificilă aprecierea măsurii în care se manifestă influenţele respective.

1.2.1. Influenţa condiţiilor de mediu.

Gradul de periclitate al unei situaţii de circulaţie nu se referă strict la modalitatea anticipată de producere a accidentului (coliziune cu un alt vehicul sau cu un obstacol, lovire "în plin" a unui pieton aflat în traversarea drumului, etc.), ci mai ales la durata scurtă sau distanţa mică avută la dispoziţie de şofer pentru a întreprinde manevre de evitare. Sub acest aspect, toate situaţiile denumite generic "de urgenţă " au şi un grad de periclitate mare; acesta este şi motivul pentru care, în asemenea situaţii, decizia este luată reflex, ca o reacţie de autoapărare, fără un raţionament prealabil. Urmările accidentului pot fi la fel de grave şi în situaţii cu periclitate mai mică când, chiar dacă se dispune de durate şi spaţii de manevră mai mari, şoferul este nevoit să ia decizii numai în urma unor raţionamente mai complexe care, lungind timpul de reacţie, reduc sensibil timpul şi distanţa disponibile intrării depline în funcţiune a manevrelor de evitare.

Frecvent, raţionamentele complexe sunt impuse de **intensitatea traficului**. Un exemplu relevant în acest sens îl constituie **depăşirea**, pe un drum cu două benzi, a autovehiculului din faţă când din sens opus circulă un alt vehicul. Astfel, trebuie percepute şi analizate raporturile de cauzalitate a unui număr relativ mare de elemente:

- viteza fiecăruia dintre cele trei autovehicule;
- distanţa între autovehiculul care intenţionează să depăşească şi vehiculul de pe sensul opus;
- distanţa între autovehiculul care intenţionează depăşirea şi cel care urmează să fie depăşit;
- poziţiile fiecăruia dintre autovehiculele din faţă în raport cu lăţimea drumului.

In cazuri similare de circulaţie se recomandă [6] un timp mediu de reacţie al conducătorului de autovehicul t_r = 3 secunde, atât pentru cel aflat în depăşire cât şi pentru cel depăşit.

Timpul de reacţie t_r trebuie majorat cu 25 %…50 % în condiţii **de vizibilitate redusă** (ploaie, ninsoare, ceaţă , întuneric) întrucât contururile obstacolelor se disting mai greu şi necesită în consecinţă durate de percepţie mult mai mari.

Pe **drumuri alunecoase** (ude, cu mâzgă, zăpadă, polei) se impune de asemeni un raţionament mai complex întrucât decizia trebuie luată în urma analizei eficienţei frânării comparativ cu posibilitatea ocolirii prin viraj. Drept urmare, în astfel de cazuri se consideră că

timpul de reacție trebuie prelungit cu 15…20 %.

Cu cât **numărul de elemente percepute** în vederea luării deciziei este mai mare, cu atât raționamentele aferente sunt mai profunde, ceea ce implică creşteri corespunză toare ale timpului de reacție. Astfel, unii autori [6] recomandă prelungirea timpului de reacție cu 15…50 % atunci când numărul de elemente percepute în vederea luării deciziei este mai mare de 4. De pildă, la apariția bruscă în față a unui pieton care traversează drumul dinspre partea cea mai apropiată de vehicul, conducătorul auto trebuie să ia în considerație următoarele elemente:

- direcția de deplasare a pietonului;
- distanța până la pieton;
- viteza pietonului;
- viteza autovehiculului propriu.

Dacă din sens opus circulă concomitent un alt autovehicul, şoferul trebuie să perceapă în plus viteza acestuia precum şi distanța la care se află el în raport cu pietonul, ceea ce măreşte numărul de elemente la 6 şi implică în consecință o creştere a timpului de reacție cu cel puțin 20%.

Printre factorii cu cele mai pronunțate influențe asupra timpului de reacție se numără şi **orbirea**. Traficul pe timp de noapte reprezintă o pondere de 1/6…1/5 din cel de zi, dar, o treime din numărul total de accidente se produc noaptea. Strălucirea ciclică şi variabilă ca intensitate a farurilor autovehiculelor care circulă din sens opus provoacă reducerea considerabilă, chiar drastică, a facultăților vizuale, deja reduse din cauza eforturilor vizuale nocturne. Acest aspect este potențat de oboseală, convalescență după o boală, consumul de alcool, fumat, hipoglicemie.

Ebulisarea (orbirea trecătoare la strălucirea puternică a farurilor unui autovehicul) se explică prin aceea că pe imaginea de pe retină se suprapune un val de lumină care o acoperă. Mărimea dezadaptării luminoase impusă de sursa orbitoare poate fi exprimată prin relația empirică: timpul efectului secundar (timpul de recuperare) este mai mic decât a zecea parte a timpului efectiv de orbire. Luminile de întâlnire reglate corect pot genera orbirea pe perioada intersectării autovehiculelor, deci pe o durată de 1…2 secunde; refacerea durează conform relației enunțate 0,1…0,2 secunde, deci capacitatea vizuală este restabilită imediat. Orbirile periculoase constau în reducerea diametrului pupilei ochiului de la 8 mm la cca. 3 mm, care se produce în cca. 7 secunde. Dacă sursa orbitoare dispare după acest timp, perioada de refacere este de cel puțin 0,7 secunde, iar după refacere, ochiul percepe cu dificultate conturul obiectelor chiar dacă ele sunt intens iluminate de faruri. Dacă în perioada de refacere sau imediat după este sesizat un obstacol, timpul de reacție al conducă torului auto este cuprins între 3 şi 5 secunde din cauza prelungirii de cca. 10 ori a fazelor de percepție şi recunoaştere.

Alte influențe asupra timpului de reacție provin din perceperea **culorilor obstacolului şi**

fondului pe care se conturează . Cel mai uşor sunt percepute culorile roşii pe un fond galben, iar cel mai dificil, culorile albastre. Prelungiri cu 20…30% ale timpului de reacție se recomandă pentru perioadele de răsărit cu crepuscul când obstacolele sau hainele pietonilor au culori închise.

1.2.2. Influența consumului de alcool.

Este sugestiv să subliniem, referitor la importanța consumului de alcool, că în cca. 40% din accidentele rutiere mortale, cel puțin una din persoanele implicate avea o îmbibație alcoolică în sânge mai mare de 0,8 %. Toate cercetările converg unanim la concluzia precum că alcoolul, consumat chiar în cantitate mică, dar imediat înainte de actul conducerii, perturbă activitatea şoferului, manifestându-se prin efecte negative asupra tuturor verigilor funcționale care generează comportamentul la volan.

Influențele cele mai mari intervin asupra fazelor de percepție şi recunoaştere a pericolului, adică asupra capacității vizuale a ochiului. La îmbibații alcoolice cuprinse între 0,4 ‰ şi 0,8 ‰ apar următoarele efecte [12] :

- reducerea câmpului vizual. Dacă reducerea normală se încadrează într-un con cu unghiul de cca. 120°, sub influența alcoolului unghiul se reduce fără ca şoferul să sesizeze acest aspect şi astfel percepția pericolelor care apar din lateral este mult întârziată ;
- reducerea acuității vizuale, care se manifestă prin aprecieri eronate a distanțelor la care se află vehiculele din față sau din spate;
- prelungirea timpului de reacție.

Experimental, s-a stabilit că [12] după o oră de la consumul unui păhărel de țuică apare o diminuare a vizibilității de 6 %, 2 pahare provoacă o scădere cu 12 %, iar 3 pahare, cu 34 %. Influența consumului de alcool trebuie analizată înainte de toate prin prisma concentrației sale din sânge. In funcție de ea apar evident alte tipuri de manifestări, cu intensități diferite, care, la şoferi de vârstă medie, sănătoşi, se caracterizează prin:

- la o îmbibație alcoolică de 0,5 ‰, acuitatea vizuală îşi reduce drastic calitatea;
- la 0,8 ‰ alcoolemie, imaginea se împrăştie;
- la 0,5 ‰ alcoolemie, pe timp de noapte, apare o întunecare suplimentară a imaginii;
- la 0,5 ‰ alcoolemie, noaptea, se reduce considerabil unghiul vizual.

Consumul de alcool influențează negativ şi alte forme de activitate de conducere, cum ar fi:

- în sfera atenției, diminuează sensibil concentrarea şi stabilitatea;
- în sfera gândirii, apar atenuări ale coerenței, raționamentele devin confuze, iar laturile lor anticipative sau decizionale pot să dispară ;

- în sfera comportamentală apar senzații euforice, cu o atenuare profundă a simțului de răspundere şi asta pe fondul indisciplinei şi a supraestimării propriului nivel de competență ;
- în sfera motricității se accentuează tendința reacțiilor spontane, brutale, scade îndemânarea în efectuarea comenzilor, se ivesc dereglări sau neconcordanțe între forțe şi amplitudinea mişcărilor, etc.

Si aceste influențe se manifestă diferit în funcție de alcoolemie, o exprimare sintetică în acest sens fiind prezentată în tab. 1.2 [9] :

Tabelul 1.2 Principalele tulburări nervoase în funcție de alcoolemie.

Cantitatea de alcool în sânge	Simptomele
0,1‰	Tulburări de comportament.
0,2‰	Dereglarea reflexelor, întârzierea timpului de frânare.
0,6‰	Tulburări de atenție şi de vigilență, întârzierea reflexelor.
1‰	Prelungirea timpului de reacție la frânare şi manevrare, şi dereglarea răspunsurilor la excitanți optici şi auditivi.
1,5‰	Tulburări nete de comportament şi de sensibilitate, dereglarea reflexelor, disocierea atenției, dispariția inhibiției, prezența aspectului de "om beat".
2‰	Manifestări de beție evidentă .
4‰	Starea de comă, cu dispariția tuturor reflexelor, lipsă de orientare în timp şi spațiu, stare de inconştiență .

După cum se observă, reacțiile la consumul de alcool sunt diverse, țin de personalitatea fiecărui individ, de constituția sa fizică şi de încă o multitudine de factori a căror influență poate fi cel mult anticipată. Intrucât soluționarea cauzelor legate de consumul de alcool trebuie să se bazeze pe elemente obiective, sau să poată fi exprimate prin mărimi comparative, majoritatea cercertărilor au îmbrățişat cel mai sensibil domeniu de influență, exprimat prin timpul de reacție al conducătorului de autovehicul.

S-a constatat de pildă că la alcoolemii de 0,5 ‰…1 ‰, subiecții sunt cuprinşi de entuziasm, se precipită, devin temerari [9], lipsiți de prudență, adică îşi pierd controlul. La asemenea valori ale alcoolemiei timpul de reacție creşte cu cca. 50 %, iar la valori de 1 ‰…1,5 ‰ timpul de reacție se dublează (cel puțin); la alcoolemii de cca. 2 ‰, timpul de reacție atinge valori de 5 secunde.

In cazul unui accident cu răspunderi penale, orice concentrație de alcool în sânge reprezintă un factor agravant. In țara noastră legea prevede răspunderi penale la alcoolemii care depăşesc pragul de 1 ‰, indiferent dacă au influențat sau nu producerea vreunui eveniment rutier. Acelaşi prag cu consecințe penale are valori mai reduse în Austria (0,8 ‰), Suedia, Norvegia Japonia (0,5 ‰) sau mai mari în Belgia (1,5 ‰).

Există părerea greşită precum că unele produse, cum ar fi cafeaua, ar diminua efectele alcoolului şi ar provoca eliminarea mai rapidă a lui, ceea ce nu este adevărat. Administrarea pe două loturi de tineri, dintre care unul consumase cafea, a unei cantități de alcool care a provocat fiecăruia o alcoolemie de 0,8 ‰ a scos la iveală tocmai contrariul [9], anume că alcoolul este potențat de cafea (tab.1.3).

Tabelul 1.3 Influența consumului de cafea asupra alcoolemiei.

Timpul după care s-a măsurat alcoolemia [min]	Alcoolemia [‰]	
	Lot cu cafea	Lot fără cafea
90	0,83	0,71
135	0,93	0,84
180	0,81	0,60

In lipsa unor măsurători de precizie, alcoolemia poate fi apreciată în funcție de greutatea corporală şi de cantitatea de alcool "pur" consumat. De pildă, o persoană de 70 Kg care a consumat 70 g de alcool pur, va avea o alcoolemie de 1 ‰, iar alta, cu greutate de 90 Kg, atinge aceeaşi alcoolemie de 1 ‰ dacă a consumat 90 g alcool. După cum se observă, alcoolemia rezultă din împărțirea cantității de alcool ingerată la greutatea corporală, ambele exprimate în Kg.

Pentru calculul alcoolemiei este util să se cunoască cantitatea echivalentă de alcool pur într-o anume cantitate de băutură care se consumă. Pentru băuturile întâlnite frecvent în țara noastră se pot menționa următoarele echivalențe [9] :

- un pahar de vin de 10° conține 8 g alcool pur;
- un pahar de vin de 13° conține 11 g alcool pur;
- o sticlă de bere de 4° şi 1/2 litri conține 8 g alcool pur;
- o sticlă de bere de 8° [1/2 litri] conține 16 g alcool pur;
- un păhărel de 50 ml - țuică 10…12 g alcool pur;
- un păhărel de 50 ml lichior de 20°…60° conține 8…24 g alcool pur;
- un păhărel de 50 ml coniac de 60° conține 30 g alcool pur.

Totodată se poate calcula şi timpul care trebuie să treacă de la consumarea alcoolului până la eliminarea completă din organism. Se cunoaşte că ficatul poate reduce prin oxidare, într-o oră , o alcoolemie de cca. 0,15‰; pentru a cunoaşte perioada de “refacere”, se împarte la 0,15 ‰ alcoolemia din momentul considerat.

1.2.3. Influența stării de oboseală .

Conducerea auto reprezintă o activitate anevoioasă , cu multe riscuri specifice, care duce la epuizarea sistemului nervos fără ca el să se poată reface totdeauna prin somn şi odihnă , fiind necesare astfel şi alte metode şi mijloace de deconectare. Oboseala acumulată în urma acestei munci se manifestă pregnant asupra comportamentului la volan şi în consecință influențează producerea unor accidente rutiere. Pe cale statistică s-a stabilit că probabilitatea de producere a accidentelor creşte direct proporțional cu accentuarea stării de oboseală , ajungându-se la dublarea riscului de accident după parcurgerea primilor 400 Km.

Primele semne de oboseală constau în nervozitate crescută, manevrarea frecventă a închiderii şi deschiderii geamului, aranjarea părului cu mâna, fumatul mai intens, tendința de înclinare a capului spre volan, rearanjarea poziției scaunului, etc. După primele 4 ore de conducere apar manifestări ca:

- reducerea atenției;
- întârzierea reacțiilor;
- privirea fixă pe direcția drumului;
- surescitare nervoasă .

In caz de oboseală excesivă pot apare stări de somnolență cu durata de cca. 0,5 secunde care pot avea urmări deosebit de grave. In plan comportamental, după o perioadă de conducere de 8 ore, apar următoarele efecte:

- modificări de percepție;
- estomparea contururilor obiectelor;
- îngustarea conului de vizibilitate;
- tendința de a avea halucinații, mai ales noaptea;
- creşterea timpului de reacție;
- slăbirea coordonării între mişcări;
- atenuarea îndemânării în acționarea comenzilor;
- senzația de greutate în mâini, picioare şi pleoape;
- eforturi pentru menținerea deschisă a pleoapelor.

Problematica este deosebit de complexă, mai ales că oboseala este influențată profund şi de

stimuli biologici: cu toate că se menţin aceleaşi solicitări, în unele zile oboseala este mai accentuată ca în altele.

Influențele oboselii asupra timpului de reacție trebuie analizate obligator în funcție de vârstă. Relevante în acest sens sunt cercetările întreprinse pe un lot de 150 şoferi [2] compus din trei grupe de vârstă : I – sub 30 ani; II - între 35 şi 45 ani; III – peste 45 ani. La fiecare dintre subiecți s-a măsurat timpul de reacție cu un aparat special, după ce în prealabil au fost instruiți asupra procedurii de încercare; testările s-au făcut înaintea începerii activității zilnice şi la terminarea programului, după o activitate de conducere de 8 ore. Rezultatele testelor se prezintă în tab. 1.4.

După cum se observă, trecerea la o stare de oboseală caracteristică desfăşurării unei activități de conducere de 8 ore, provoacă o creştere a timpului de reacție în medie cu 40 % la persoanele cu vârsta până la 45 de ani şi o creştere cu 60 % la persoanele cu vârsta peste 45 de ani.

Tabelul 1.4 Valorile medii ale timpilor de reacție
în funcție de starea de oboseală şi grupa de vârstă a subiecților.

Momentul efectuării testării	Grupe de vârstă	Timpul de reacție [sec]
Inaintea programului de lucru	Grupa I	0,320
	Grupa II	0,350
	Grupa III	0,450
La sfârşitul programului de lucru	Grupa I	0,450
	Grupa II	0,485
	Grupa III	0,720

1.2.4. Influența medicamentelor.

Orice medicament rezolvă o anumită problematică, dar are şi efecte secundare, unele dintre acestea influențând negativ comportamentul la volan. In mod obişnuit conducătorii auto sunt informați de medicii curanți despre eventualele efecte secundare ale medicamentelor administrate asupra riscurilor în circulația rutieră; totodată , ei se pot informa şi din prescripțiile terapeutice care însoțesc ambalajul medicamentelor, în care se prezintă, dacă este cazul, contraindicații pentru conducerea auto.

Medicamentele care prezintă riscuri pentru circulația rutieră fac parte din categoriile: hipnotice (fenobarbital, ciclobarbital, bromoval, extraveral); calmante sau sedative (rudotel);

tranchilizante (meprobromat, diazepam, napoton, etc.); antihistaminice (feniramin, romergan, benadryl, etc.); hipotensive; antispastice.

Psihotropele naturale (morfină, cocaină, heroină) sau sintetice (amfetamine) pot fi administrate ocazional sau continuu; în ultimul caz ele dau dependență care se manifestă în funcție de substanța administrată. Toxicomanii au un comportament mai puțin periculos la volan [9] decât persoanele care prezintă stare toxică ocazională .

1.2.5. Influența vârstei conducă torului de autovehicul.

Parcul de autovehicule a cunoscut o creştere în fiecare stat, dar odată cu el a crescut şi longevitatea, deci s-a mărit numărul de şoferi considerați generic "de vârsta a III-a". Evident, pe măsura înaintării în vârstă se atenuează firesc şi unele potențe umane şi de aceea s-a emis ideea limitării vârstei maxime de deținere a permisului de conducere sau s-a propus limitarea vitezei în funcție de vârstă. Experiența acumulată şi ultimele studii întreprinse au scos în evidență că aprecierea dreptului de a conduce numai în funcție de criteriul vârstei nu corespunde realității întrucât comportamentul la volan este determinat în mai mică măsură de vârstă, comparativ cu personalitatea, starea nervoasă şi echilibrul întregului organism uman. La vârsta de peste 70 ani, rapiditatea în gândire, mobilitatea, percepția pericolelor sunt compensate de experiență în conducere, de prudență, de toleranță față de ceilalți participanți la trafic, etc.

Deocamdată, influențele vârstei asupra comportamentului la volan s-au putut exprima obiectiv prin modificările intervenite în nivelul de performanță şi timpul de reacție. Nivelele de performanță pot fi apreciate prin indici ca: numărul total de kilometri parcurşi fără incidente şi accidente; dificultatea situațiilor critice de trafic rezolvate; prevenirea uzurii tehnice a autovehiculului; durata medie zilnică de rezistență la volan, fără acumularea unei oboseli inacceptabile. Astfel, în funcție de cele menționate se pot exprima următoarele nivele de performanță : I – slab; II – mediu; III – bun; IV – foarte bun.

Referitor la modificarea timpului de reacție cu vârsta, considerăm drept concludente valorile prezentate în tab. 1.4. De pildă, un salt de vârstă de la 25 la 35…45 ani implică o creştere a timpului de reacție cu 7,7 %…8,6 %, un salt de la 35…45 ani până la peste 45 ani implică o creştere a timpului de reacție cu 28,5…48 %, iar între o vârstă sub 30 ani şi o vârstă peste 45 ani, apare o prelungire a timpului de react ie cu 40 %…60 %.

1.2.6.Influența stării de sănătate.

Statistic, s-a stabilit că 4 %…6 % din accidentele de circulație au drept cauză starea de

sănătate a conducătorului auto; în realitate, proporția este mai mare, deoarece asemenea accidente sunt deosebit de grave şi uneori punerea diagnosticului real pe bază de autopsie medico-legală este foarte dificilă .

Starea sănătății provoacă accidente prin modificări de tipul: moartea subită la volan, pierderea conştiinței unor bolnavi cronici cardiovasculari, neuropsihici, hepatici sau diabetici, imposibilitatea execuției unor manevre din cauza lipsei sau fracturării unui membru, pierderea temporară a vederii sau a altor simțuri, etc.

Se pot defini două categorii de boli care afectează siguranța circulației şi anume, boli incompatibile cu deținerea permisului de conducere şi afecțiuni care pot influența momentan comportamentul la volan. Dintre bolile incompatibile cu activitatea de conducere pot fi menționate [9] :

- infarctul miocardic repetat;
- miocardiopatii necompensate;
- afecțiuni valvulare cu insuficiență cardiacă ;
- hipotensiuni şi hipertensiuni;
- anevrisme de aortă ;
- crize permanente de astm bronşic;
- insuficiențe respiratorii marcate;
- boli de rinichi cu creşterea ureei în sânge;
- discopatii, spondilartrite, poliartrite, invalidități;
- anemii;
- ciroze hepatosplenice;
- spasmofilie şi tetanie;
- tulburări tiroidiene cu metabolismul bazal + (40 %) ori – (25 %);
- afecțiuni evolutive ale globului ocular care reduc funcțiile vizuale;
- atrofia nervului optic, retinopatia pigmentară ;
- hemeralopie, nistagmus;
- tulburări de percepție a culorilor;
- corpi străini intraoculari;
- deformări cicatriceale ale pleoapelor, ptoză peste 50 %;
- strabism, pterigion, astigmatism, hipermetropie;
- boli cronice specifice;
- tumori benigne şi sechele;
- otomastoiditele;

- scăderea acuității auditive (2 m).

Din categoria afecțiunilor care pot influența temporar comportamentul la volan se pot menționa:

- psihozele sistematizate şi nesistematizate, nevrozele obsesive, paranoia, schizofrenia;
- spasmofilia şi psihozele cu perioade de acalmie aparentă (foarte greu de depistat fără colaborarea pacientului);
- daltonismul;
- hernia de disc;
- diabetul zaharat.

Ca şi în cazul influenței medicamentelor, pentru stabilirea măsurii în care a fost afectată reacția şoferului de către una din afecțiunile menționate este necesară expertiza medico-legală .

CAPITOLUL 2

PREDISPOZITIA LA ACCIDENTE RUTIERE

Conducerea auto prin ea însăşi implică un risc de accidentare sensibil mai mare decât alte activităţi şi de aceea trebuie acordată o atenţie mai mare comportamentului şoferului. Cercetări întreprinse de mult, la nivelul anilor 1919, au scos în evidenţă că numai anumite persoane fac accidente, într-o proporţie care nu ar fi explicabilă prin simplul hazard. In urma analizei unui număr mare de accidente provocate de aceleaşi persoane s-a ajuns la concluzia că principalii factori "predispozanţi" ar fi:

- plasticitatea nervoasă funcţională care prin efectele sale negative asupra supleţei de adaptare la situaţii noi determină reacţii inadecvate;
- lipsa de coordonare a mişcărilor;
- deficienţe concrete de inteligenţă ;
- viteza de reacţie crescută faţă de viteza de percepere, ceea ce conduce către o anticipare a mişcărilor fără a dispune de toate informaţiile posibile.

Conceptul despre predispoziţia la accidente a început să sufere modificări după 1950, când s-a demonstrat experimental că funcţia de distribuţie a accidentelor este asimetrică din cauza hazardului şi nu datorită predispoziţiei. Astfel, s-a considerat că noţiunea de predispoziţie nu reflectă pe deplin realitatea, termenul corect fiind cel de susceptibilitate la accidente, întrucât reflectă şi o manifestare temporară a persoanei.

Alte inadvertenţe care combat teoria predispoziţiei la accidente survin din cauza omiterii în cadrul comparaţiilor a parcursului în km, condiţiilor nefavorabile de vizibilitate, de trafic, etc. Drept termen care să semnifice susceptibilitatea pentru accidente a fost propusă , în 1967, noţiunea de "accidentabilitate".

Intre predispoziţia temporară şi cea durabilă trebuie făcută o distincţie netă: predispoziţia temporară, datorată de pildă consumului de alcool sau oboselii poate fi înlăturată, pe când cealaltă nu.

S-a emis ideea că susceptibilitatea la accidente ar fi influenţată de unele deficienţe senzoriale ale individului. Acest concept a fost însă suficient de bine combătut prin analiza comportamentului unor şoferi cu deficienţe de vedere care nu au provocat accidente şi asta din cauza compensării deficienţei cu o comportare mult mai prudentă .

Oricum, conceptele de predispoziţie sau de susceptibilitate există , au susţinere materială , iar ajungerea la unele concluzii general valabile merită în continuare derularea unor cercetări de specialitate.

CAPITOLUL 3

ERORI DE CONDUCERE ŞI INFLUENȚE DINAMICE

3.1. Frânarea în curbă .

Frânările energice şi uneori chiar moderate pot provoca deplasări instabile generate de blocajul roților de pe una din părțile longitudinală sau transversală a vehiculului. De pildă, la mersul în linie dreaptă, o frânare energică la care se blocheză numai roțile din spate conduce la un echilibru instabil: axa din spate nu mai poate fi împiedicată să se deplaseze lateral (dispare aderența transversală) şi vehiculul se poate învârti în jurul roților directoare sub efectul unor momente destabilizatoare relativ mici. Intrucât rotația concomitentă cu translația este percepută ca un viraj de conducătorul vehiculului, el reacționează firesc prin rotația volanului în sens invers. Apare, astfel un moment reactiv care tinde să rotească vehiculul în acelaşi sens şi astfel instabilitatea se accentuează . Dacă se blochează numai roțile din față deplasarea continuă în linie dreaptă deoarece, chiar dacă s-a anulat aderența transversală pe ele, stabilitatea este menținută de aderența laterală a roților din spate şi de imposibilitatea modificării poziției lor în raport cu axa longitudinală a vehiculului. Pentru a elimina asemenea modificări, în instalația de frânare se prevede un dispozitiv de limitare a forței de frânare pe axa din spate în funcție de masa repartizată pe ea. Chiar cu un asemenea limitator, raportul între forța tangențială şi greutate poate deveni mai mare decât cel corespunzător roților din față. In consecință , roțile din spate pot prelua forțe transversale mai mici decât cele din față. Astfel, la frânarea într-o curbă în care se depăşeşte o anume valoare a accelerației centripete, forța laterală de inerție pe axa spate devine mai mare decât forța disponibilă furnizată de aderența transversală şi spatele vehiculului are tendința de a se deplasa către exteriorul curbei, chiar dacă nu a intervenit blocajul roților; în continuare apare derapajul al cărui control presupune pe lângă anumite condiții legate de starea drumului, experiență şi îndemânare deosebită din partea conducătorului vehiculului.

3.1.1. Frânarea în curbă a automobilelor.

Când frânarea în curbă decurge cu blocajul roților din față (cu urme produse de ambele roți), lipsa reacțiunilor laterale pe acestea face imposibilă înscrierea în viraj iar vehiculul se deplasează pe o traiectorie în linie dreaptă, tangentă la curba drumului.

Problematica frânării în curbă este mai complexă întrucât tendința deplasării instabile apare chiar la frânări mai puțin intense şi asta pe de o parte din cauza repartiției inegale a forțelor şi maselor pe axe, iar pe de alta, din cauza inegalității maselor preluate de roțile din interiorul şi din exteriorul curbei. Datorită forței centrifuge, pe roțile din exteriorul curbei se repartizează o

greutate mai mare decât pe cele din interior; dacă forțele de frânare pe roțile din stânga şi dreapta sunt egale, raportul între forța tangențială şi greutate este mai mare pe roțile din interiorul curbei şi chiar la frânări moderate poate depăşi valoarea aderenței, ceea ce implică blocarea lor. Ca urmare, vehiculul are tendința virajului către exteriorul curbei, însoțit de derapaj.

Din cele menționate anterior se desprinde concluzia precum că frânarea în curbă trebuie evitată. Acest lucru nu este totdeauna posibil şi poate genera accidente grave, influențate şi de alți factori, precum viteza de deplasare, curbura drumului, aderența, distanța de vizibilitate, etc. Evident, starea de stabilitate se menține atât timp cât nici una din roți nu se blochează, ceea ce înseamnă că trebuie analizat echilibrul forțelor pe fiecare dintre roțile vehiculului. Instalarea instabilității ca urmare a frânării în curbă poate fi apreciată prin urmele de anvelopă imprimate pe direcție longitudinală şi transversală. De regulă, prima care imprimă urmă de frânare pe direcție longitudinală este roata din față, de pe interiorul curbei, dacă tracțiunea este asigurată de axa spate; la tracțiunea pe axa față, prima care imprimă urmă este roata spate din interiorul curbei (se are în vedere faptul că forța tangențială pe roată reprezintă diferența între forța de frânare şi forța cu care inerția transmisiei tinde să antreneze în continuare roata). Urme pe direcție transversală sau combinate pot apare şi la sistemul de frânare cu ABS, care controlează patinarea roților numai pe direcție longitudinală .

Măsurătorile experimentale [5], care au urmărit dependența între coeficientul forței transversale φ_t (raportul între forța transversală pe roată şi greutatea aferentă ei) şi accelerația centripetă W^2/R_g (W fiind viteza de deplasare în m/s şi R raza curbei în m) au arătat (fig. 1) o influență redusă a repartiției diferite a maselor pe roțile din față şi spate sau a amplasării tracțiunii, în raport cu dezechilibrul de pe roțile din interiorul şi exteriorul curbei. După cum se poate observa, la o accelerație centripetă de 0,5 g (g fiind accelerația gravitației în m/s^2), roțile din interiorul curbei utilizează un coeficient al forței transversale de 0,77, pe când cele din exterior, un coeficient de 0,4.

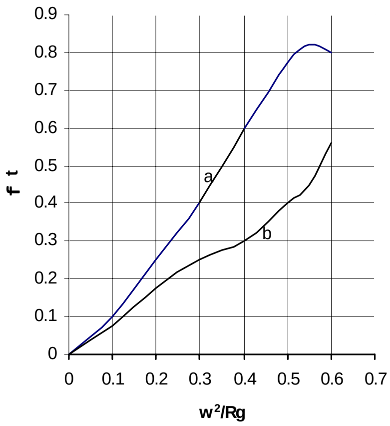


Fig.1 – Influența accelerației centripete asupra coeficientului forței laterale pe roată, φ_t , pe un drum cu coeficient de aderența longitudinală de 0,9; a – pentru roțile din interiorul curbei; b – pentru roțile din exteriorul curbei

Având în vedere dependența eliptică a coeficienților de aderență pe direcție longitudinală şi transversală, se poate întrevedea regimul critic la care apare patinarea uneia dintre roți pe una dintre direcțiile menționate în funcție de perechea de valori ale accelerațiilor centripete a_t şi longitudinale a_l. In esență, dependența dintre a_t şi a_l se determină experimental, prin stabilirea valorilor lor la care una dintre roți începe să patineze, indiferent de direcție; încercările se fac la deplasarea vehiculului în curbă, cu diverse viteze şi intensită ți de frânare. O asemenea curbă experimentală, determinată pentru un autoturism de clasă medie [5], pe un drum cu un coeficient de aderență 0,75, se prezintă în fig. 2.

Perechea de valori critice ale lui a_l şi a_t este legată printr-o dependență eliptică, de forma:

$$a_l^2 + b \cdot a_t^2 + c \cdot a_l + d \cdot a_t + e = 0, \qquad (3.1)$$

în care coeficienții b, c, d şi e au valorile: b = 18,26; c = 7,69; d = 0,26; e = -5,87.

Intrucât $a_t = W^2/R$, rezultă că accelerația pe direcție longitudinală a_l variază în funcție de viteza W după relația:

$$a_l = \frac{-c + \sqrt{c^2 - 4 \cdot \left(e + b \cdot \frac{W^4}{R^2} + d \cdot \frac{W^2}{R} \right)}}{2} \qquad (3.2)$$

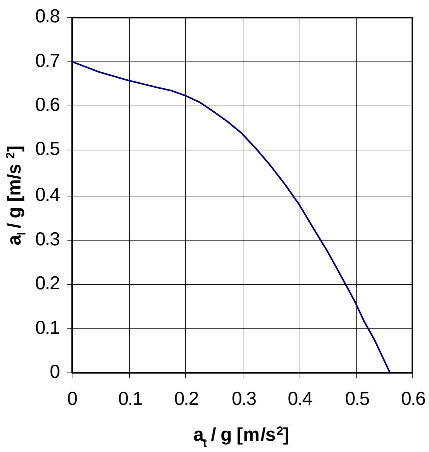


Fig.2 – Dependența dintre accelerațiile transversale a_t şi longitudinale a_l la un autoturism de clasă medie, pe drum de asfalt uscat, care asigură deplasarea fără patinare a oricărei roți

Există situații de accident în care un autovehicul a fost frânat în curbă în vederea opririi sale. Dacă în procesul frânării au imprimat urme una sau ambele roți din partea interioară a curbei se poate stabili valoarea vitezei W_n de la începutul frânării dacă se cunoaşte lungimea S_f a urmelor. In cazul în care nu s-au imprimat urme, dar se poate dovedi distanța de frânare pe alte căi, se poate stabili numai cea mai mare viteză probabilă cu care putea circula vehiculul la începutul frânării. Pentru determinarea vitezei W_n se împarte distanța într-un număr finit de elemente cu lungimea constantă :

$$\Delta = S_{i+1} - S_i , \qquad (3.3)$$

pe care se consideră că accelerația longitudinală a_{li} suferă o modificare nesemnificativă . Se pleacă în sens invers, din poziț ia vehiculului oprit, pentru care se atribuie cifra 0 indicelui i. In continuare se calculează pas cu pas, pentru fiecare element cosecutiv Δ, vitezele de la capete, cu relația:

$$W_{i+1} = \sqrt{2 \cdot a_{li} \cdot \Delta + W_i^2} \qquad (3.4)$$

în care a_{li} se stabileşte cu expresia (3.2):

$$a_{li} = \frac{-c + \sqrt{c^2 - 4 \cdot \left(e + b \cdot \frac{W_i^4}{R^2} + d \cdot \frac{W_i^2}{R} \right)}}{2} \qquad (3.5)$$

Se ajunge în final la viteza W_n, considerând numărul n de intervale:

$$n = \frac{S_f}{\Delta} \qquad (3.6)$$

Metodica de calcul expusă se poate aplica dacă se cunosc raza R a curbei pe care s-a deplasat centrul de greutate al vehiculului şi coeficienții b, c, d şi e din ecuația (3.1) (pentru un drum cu φ_l = 0,75 se pot adopta coeficienții menționați anterior).

3.1.2. Frânarea în curbă a vehiculelor cu două roți.

Prin însuşi modul de sprijin pe carosabil, vehiculele cu două roți (motociclete, motorete) prezintă echilibru static instabil pe direcție transversală. In timpul mersului, echilibrul este menținut prin poziția conducătorului şi de efectul giroscopic al roților şi organelor cu mişcare de rotație din motor.

In asemenea condiții defavorabile de menținere a echilibrului, orice modificare a forțelor tangențiale sau transversale la roți poate intensifica instabilitatea pe direcție transversală .

De pildă, dacă se frânează la mersul în linie dreaptă numai cu roata din spate, chiar dacă ea se blochează, stabilitatea pe direcție longitudinală poate fi menținută mai uşor şi pe o distanță cu mult mai mare comparativ cu situația frânării numai cu roata din față .

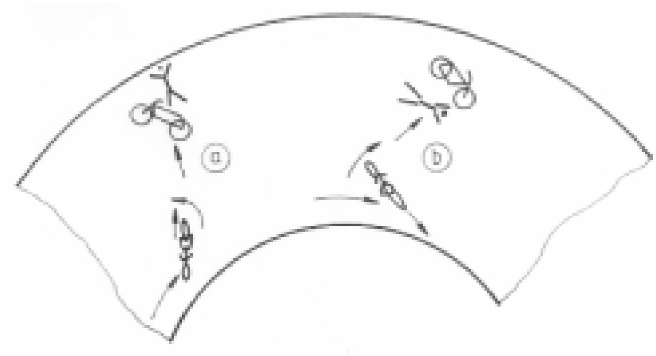


Fig.3 Poziții probabile ale conducătorului şi motocicletei răsturnate din cauza frânării energice în curbă : a – frânare numai cu roata din spate; b – frânare numai cu roata din faţă

Frânarea în curbă generează o instabilitate şi mai pronunţată din cauza acţiunii forţei centrifuge a motocicletei şi conducătorului ei. Când se frânează numai cu roata din spate, creşterea coeficientului forţei longitudinale implică reducerea forţei ce poate fi preluată de ea pe direcţie transversală şi astfel poate apare deplasarea părţii din spate către exteriorul curbei. Dacă apare patinajul transversal, motocicleta se răstoarnă pe partea din interiorul curbei (fig.3 a) şi se îndepărtează de conducătorul ei fără să-l rănească. Dacă se frânează energic numai cu roata din faţă, aceasta se deplasează spre exteriorul curbei, motocicleta se răstoarnă tot pe partea dinspre interiorul curbei (fig. 3b) şi alunecă spre conducător, provocând răniri grave. Răsturnarea pe partea dinspre interiorul curbei se datoreşte înclinaţiei pe această parte a motocicletei şi conducătorului în scopul menţinerii echilibrului.

3.2. Inscrierea in viraje

Siguranţa în înscrierea în viraje în condiţiile traficului obişnuit este influenţată pe de o parte de viteza vehiculului iar pe de alta, de dimensiunile sale. In cazul sesizării unui pericol de accident care ar putea fi evitat printr-o ocolire, siguranţa virajului depinde la prima vedere de viteza cu care este rotit volanul. Comparativ cu frânarea “de necesitate”, când se impun cele mai energice acţionări ale pedalei frânei de serviciu, o acţionare la fel de energică a volanului în scopul virării “de serviciu” ar fi total contraindicată întrucât ar da naştere la răsturnări sau la derapaje greu de controlat. Pentru efectuarea unui viraj se roteşte volanul, ceea ce înseamnă micşorarea razei de curbură odată cu creşterea parcursului, adică , mărirea acceleraţiei laterale. Se poate ajunge astfel la valori la care se instalează alunecarea laterală şi apoi derapajul. Sub acest aspect, înscrierea în viraj este sigură atâta timp cât viteza deplasării vehiculului este corelată atât cu viteza de rotaţie a volanului cât şi cu amplitudinea unghiului de bracaj.

Accidentele generate de amplitudinile şi vitezele mari de rotire a volanului se reconstituie mai greu decât cele însoţite de frânări energice şi asta pentru că “bruscarea” volanului nu lasă urme

pe carosabil, iar între unghiul β de viraj a roţilor directoare şi unghiul γ al înclinaţiei longitudinale a vehiculului nu se poate stabili o relaţie univocă, similară celei dintre forţa apăsării pedalei şi deceleraţia frânării. Corespondenţa dintre β şi γ este influenţată de viteză , de elasticitatea suspensiei, de viteza de rotaţie a volanului, etc, remarcându-se o întârziere, previzibilă de altfel, între acţionarea volanului şi schimbarea direcţiei. O asemenea interdependenţă între β şi γ, stabilită experimental pentru un viraj rapid se prezintă în fig. 4 .

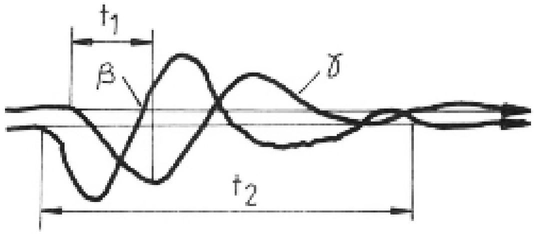


Fig.4. Variaţia unghiului rotirii volanului (α) şi a înclinaţiei longitudinale (γ) a unui autoturism care a efectuat un viraj rapid.

In urma celor menţionate se desprinde o primă concluzie şi anume că , **siguranţa în viraj poate fi apreciată prin nivelul corelaţiei dintre vitezele de deplasare a vehiculului şi de rotaţie a volanului pe de o parte şi traiectoria ce trebuie urmată , pe de altă parte.**

In viraj, roţile vehiculului se deplasează pe traiectorii diferite. Când roţile directoare sunt amplasate în faţă , roata spate din interiorul virajului descrie o traiectorie cu o rază de curbură mai mică decât cea aferentă deplasării roţii directoare din exteriorul curbei.

Astfel, la înscrierea în curbă , extremităţile laterale ale vehiculului pot depăşi lăţimea standard a unei benzi de circulaţie. In consecinţă , **siguranţa traficului depinde de capacitatea şoferului de a aprecia corect lăţimea culoarului pe care urmează să se deplaseze vehiculul pe care îl conduce şi în funcţie de aceasta, să ocupe o poziţie şi să circule cu o viteză care nu pun în pericol pe ceilalţi participanţi la trafic.**

3.2.1. Elemente de siguranţă legate de traiectoria virajului.

Virajul trebuie abordat prin rotaţia continuă şi dozată a volanului în aşa fel încât, pentru o deplasare cu viteză constantă , să nu se atingă la capăt valori ale acceleraţiilor laterale care pot provoca disconfort, sau în "extremis", alunecarea transversală ori răsturnarea vehiculului. Acest lucru poate fi realizat cel mai uşor de majoritatea conducătorilor auto prin rotaţia volanului cu viteză constantă ($d\beta/dt$ = ct); dacă se menţine constantă şi viteza de deplasare W, centrul axei spate a vehiculului descrie o clotoidă . Pe acest principiu sunt construite curbele drumurilor şi parcurgerea lor fără a modifica viteza, impune rotaţia cu viteză constantă a volanului, ceea ce accentuează deprinderea şoferilor cu o asemenea manevră de viraj.

Se poate demonstra că la deplasarea pe clotoidă cu viteză constantă , variaţia în timp q a

accelerației laterale a_t rămâne neschimbată :

$$q = \frac{da_t}{dt} = const \qquad (3.7)$$

Drumurile sunt astfel construite încât, în funcție de raza R şi lungimea L a curbei pe de o parte şi de viteza de deplasare în siguranță , pe de altă parte, să nu se atingă valori ale lui a_t care să depăşească limitele confortului. Acest deziderat este posibil dacă:

- $q = 0,30…0,45\ m/s^3$ pentru căile rutiere modernizate;
- $q = 0,50…1,25\ m/s^3$ pentru autostrăzi.

Valorile mai mici ale lui q caracterizează curbele “strânse”, cu raze relativ mici; autostrăzile sunt proiectate cu R şi L suficient de mari, motiv pentru care şi q este mai mare. Valori similare (0,30…0,45) ale lui q pot fi considerate şi la virajele abordate în intersecțiile de drumuri sau străzi, ele fiind impuse în special de conduita şoferilor, familiarizați cu traficul pe şosele.

Reconstituirea accidentelor cauzate de derapaje sau răsturnări în curbe necesită stabilirea în prealabil a traiectoriei vehiculului, ca apoi să se poată determina fie vitezele, fie momentul intrării în curbă , fie evoluția accelerației laterale, etc. Clotoida se construieşte cu ajutorul ecuațiilor parametrice definite într-un sistem de coordonate rectangular XY, cu centrul în punctul începerii virajului şi axa OX (fig. 5) coincizând cu direcția inițială de înaintare:

$$x = \sqrt{\frac{W^3}{2 \cdot q}} \cdot \int_0^{\gamma} \frac{\cos\gamma}{\sqrt{\gamma}} \cdot d\gamma; \quad y = \sqrt{\frac{W^3}{2 \cdot q}} \cdot \int_0^{\gamma} \frac{\sin\gamma}{\sqrt{\gamma}} \cdot d\gamma. \qquad (5.8)$$

în care γ reprezintă unghiul înclinației traiectoriei în raport cu direcția inițială a mişcării (cu OX).

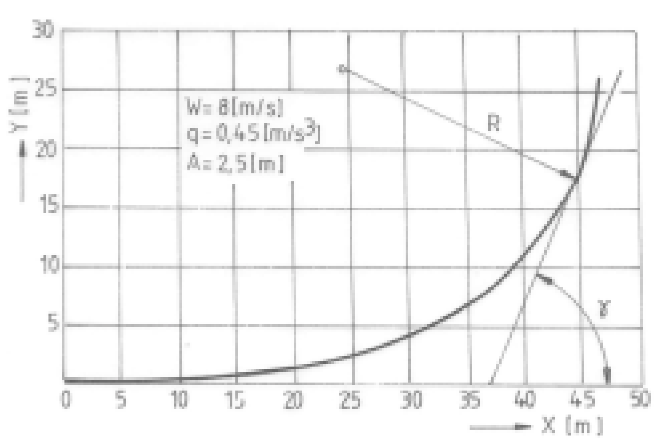


Fig.5. Traiectoria sub forma de clotoida a virajului unui autoturism

Pentru reprezentarea grafică a curbei se pot utiliza valorile funcțiilor din relațiile (3.8) date, pentru γ = 0 …90º în tab. 3.5, în care s-au notat cu:

$$F_1 = \int_0^{\gamma} \frac{\cos\gamma}{\sqrt{\gamma}} \cdot d\gamma \quad \text{şi} \quad F_2 = \int_0^{\gamma} \frac{\sin\gamma}{\sqrt{\gamma}} \cdot d\gamma .$$

Alte mărimi şi relațiile lor de calcul care interesează sunt:

- raza de curbură R,

$$R = \sqrt{\frac{W^3}{2 \cdot q}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\gamma}}, \qquad \gamma \text{ fiind exprimat în radiani şi} \qquad (3.9)$$

$$R = \sqrt{\frac{W^3}{2 \cdot q}} \cdot \frac{7{,}596}{\sqrt{\gamma}}, \qquad \gamma \text{ fiind exprimat în grade sexazecimale;} \qquad (3.10)$$

- lungimea L a arcului de clotoidă măsurată de la origine,

$$L = \frac{W^3}{q} \cdot \frac{1}{R}; \qquad (3.11)$$

- accelerația laterală a_t,

$$a_t = \frac{W^2}{R} = \sqrt{2 \cdot q \cdot \gamma \cdot W}; \qquad (3.12)$$

- timpul în care se parcurge distanța L,

$$t = \frac{L}{W}. \qquad (3.13)$$

Unghiul β al înclinației medii a roților directoare în raport cu axa longitudinală (fig.6) poate fi determinat în funcție de ampatamentul A:

$$\beta = arctg \frac{A}{R} \qquad (3.14)$$

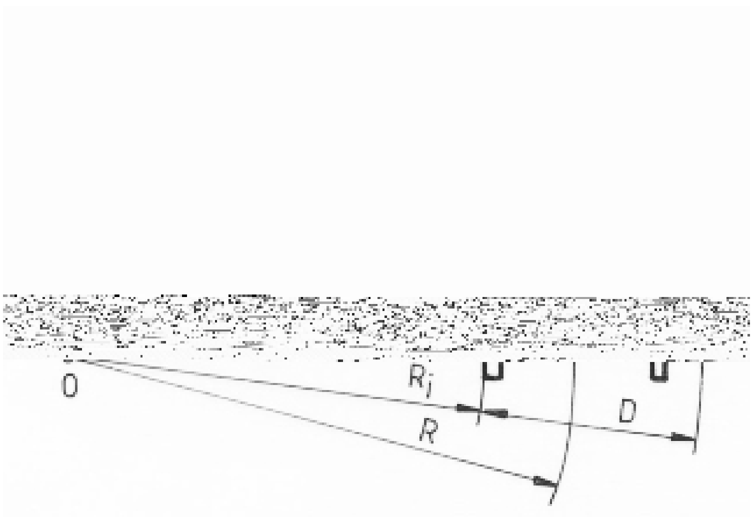


Fig.6. Schema pentru calculul inclinatiei rotilor directoare

Tabelul 3.5 Valorile funcțiilor din rel. (3.8) corelate cu unghiul γ.

γ	F_1	F_2	γ	F_1	F_2	γ	F_1	F_2
1	0,2642	0,0015	31	1,4286	0,2598	61	1,8417	0,6752
2	0,3736	0,0043	32	1,4487	0,2721	62	1,8497	0,6900
3	0,4575	0,0080	33	1,4683	0,2846	63	1,8574	0,7048
4	0,5282	0,0123	34	1,4873	0,2972	64	1,8648	0,7196
5	0,5904	0,0172	35	1,5058	0,3099	65	1,8719	0,7345
6	0,6465	0,0226	36	1,5239	0,3228	66	1,8787	0,7493
7	0,6980	0,0284	37	1,5415	0,3358	67	1,8852	0,7642
8	0,7459	0,0347	38	1,5586	0,3489	68	1,8913	0,7790
9	0,7907	0,0414	39	1,5752	0,3622	69	1,8972	0,7939
10	0,8330	0,0485	40	1,5915	0,3755	70	1,9027	0,8087
11	0,8731	0,0559	41	1,6072	0,3890	71	1,9080	0,8236
12	0,9113	0,0637	42	1,6226	0,4026	72	1,9129	0,8384
13	0,9478	0,0718	43	1,6375	0,4163	73	1,9176	0,8532
14	0,9827	0,0802	44	1,6521	0,4301	74	1,9220	0,8679
15	1,0163	0,0889	45	1,6662	0,4440	75	1,9260	0,8827
16	1,0487	0,0978	46	1,6799	0,4579	76	1,9299	0,8974
17	1,0799	0,1071	47	1,6933	0,4720	77	1,9334	0,9121
18	1,1100	0,1166	48	1,7062	0,4861	78	1,9366	0,9268
19	1,1391	0,1263	49	1,7188	0,5003	79	1,9396	0,9414
20	1,1673	0,1363	50	1,7310	0,5146	80	1,9423	0,9559
21	1,1947	0,1465	51	1,7428	0,5290	81	1,9447	0,9705
22	1,2212	0,1570	52	1,7543	0,5434	82	1,9469	0,9849
23	1,2469	0,1676	53	1,7654	0,5578	83	1,9488	0,9993
24	1,2719	0,1785	54	1,7761	0,5724	84	1,9504	1,0137
25	1,2962	0,1895	55	1,7865	0,5869	85	1,9518	1,0280
26	1,3198	0,2008	56	1,7965	0,6015	86	1,9529	1,0423
27	1,3428	0,2123	57	1,8062	0,6162	87	1,9538	1,0564
28	1,3651	0,2239	58	1,8156	0,6309	88	1,9544	1,0706
29	1,3869	0,2357	59	1,8246	0,6456	89	1,9548	1,0846
30	1,4080	0,2477	60	1,8333	0,6604	90		

Din relațiile (3.11), (3.13) şi (3.14) se poate deduce:

$$tg\beta = \frac{t \cdot q \cdot A}{W^2}, \qquad (3.15)$$

iar în urma derivării se obține:

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{q \cdot A}{W^2} \cdot \cos^2 \cdot \beta \quad [rad/s] \qquad (3.16)$$

Intrucât β are valori relativ mici, se poate considera $\cos^2 \beta \approx 1$ şi în consecință se poate determina cu suficientă precizie viteza de rotire a volanului:

$$\frac{d\alpha}{dt} = i \cdot \frac{d\beta}{dt} = \frac{i \cdot q \cdot A}{W^2} = const. \quad [rad/s] \qquad (3.17)$$

în care i reprezintă raportul de transmisie al casetei de direcție iar α unghiul rotației volanului.

Pentru exemplificare s-a considerat un autoturism cu A = 2,5 m şi i = 18 care virează într-o intersecție cu W = 8 m/s şi q = 0,45 m/s^3 după o clotoidă în scopul înscrierii pe un drum perpendicular prevăzut cu îmbrcăminte asfaltică în stare uscată . Pentru construcția traiectoriei (fig.5) s-au utilizat rel. (3.8) şi datele din tab. 3.5, iar la reprezentarea evoluției R, a_t şi β (fig.7) s-au folosit rel. (3.10), (3.12) şi (3.14). Cu ajutorul rel. (3.16) şi (3.17) se determină :

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{0{,}45 \cdot 2{,}5}{8^2} = 0{,}017578 \quad [rad/s] = 1{,}007145 \quad [grd/s]$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = 18 \cdot 0{,}017578 = 0{,}31640 \quad [rad/s] = 18{,}128 \quad [grd/s]$$

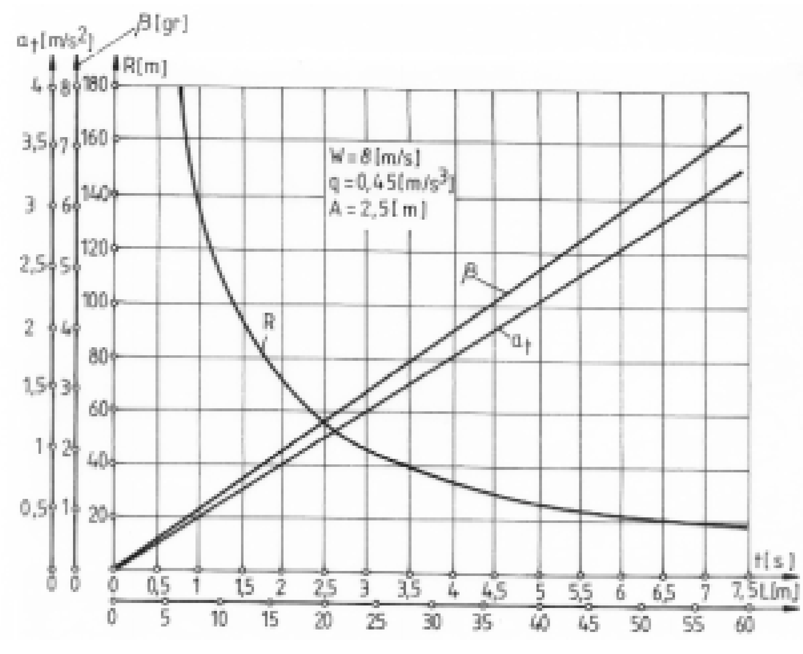


Fig. 7. Evoluția razei de curbură, accelerației laterale şi înclinației roților directoare la parcurgerea clotoidei.

Ca elemente de siguranță a virajului pot fi menționate:

- distanța de cca. 47 m care trebuie respectată între începerea virajului şi drumul pe care urmează să vireze autoturismul;
- prin suprapunerea clotoidei pe desenul intersecției rezultă modul în care au fost respectate semnificațiile marcajelor rutiere;
- virajul s-a efectuat fără alunecare laterală , valorile mari ale accelerației a_t, de peste 0,3 · g, manifestându-se pe un timp relativ mic (1 secundă) şi pe o distanță redusă .

3.2.2. Lățimea de siguranță a culoarului pe care se efectuează virajul.

După cum se observă din fig. 6, culoarul pe care se execută virajul este delimitat de traiectoriile roții directoare din exteriorul curbei şi roții axei spate din interiorul curbei. Lățimea $D = R_e - R_i$ a culoarului este mai mare decât lățimea vehiculului şi se amplifică odată cu creşterea ampatamentului; dacă se ia în considerație şi încadrarea în culoar a colțului din fața dinspre exteriorul virajului, lățimea sa este mai mare. Inegalitatea menționată poate genera situații de accident de tipul:

- autovehiculul poate lovi cu roata spate din interiorul virajului un obstacol pe lângă care roata directoare din interiorul curbei a trecut la mică distanță . Accidentul poate avea urmări grave când în locul obstacolului se află un pieton întrucât poate fi călcat de roată ;
- la virajul autotrenurilor sau autovehiculelor cu semiremorcă pe drumuri cu numai câte o bandă pe fiecare sens este posibil ca ultima roată spate din interiorul virajului să se deplaseze pe mijlocul sensului opus, cu toate că roata directoare din exterior se înscrie corect pe limita din exterior a curbei drumului. Pot fi lovite astfel vehicule care circulă corect din sensul opus sau pe banda alăturată mai apropiate de axa drumului (când există mai multe benzi pe sens).

Aprecierea corectă a lățimii de siguranță a culoarului virajului în funcție de raza maximă R_{mx} a curbei (din exteriorul drumului) revine conducătorului de vehicul şi "îndemânarea" în acest sens se formează în cadrul programului său de pregătire profesională .

Lățimea de siguranță D a culoarului poate fi determinată în funcție de raza exterioară a virajului R_{mx} şi dimensiunile vehiculului. Astfel, pentru un autocamion (fig. 8) lățimea D se calculează cu expresia:

$$D = R_{mx} + L_b - \sqrt{R_{mx}^2 - (L_a - C_s)^2} \qquad (3.18)$$

în care cu L_a şi L_b s-au notat lungimea şi respectiv lățimea de gabarit, iar cu C_s – lungimea consolei spate.

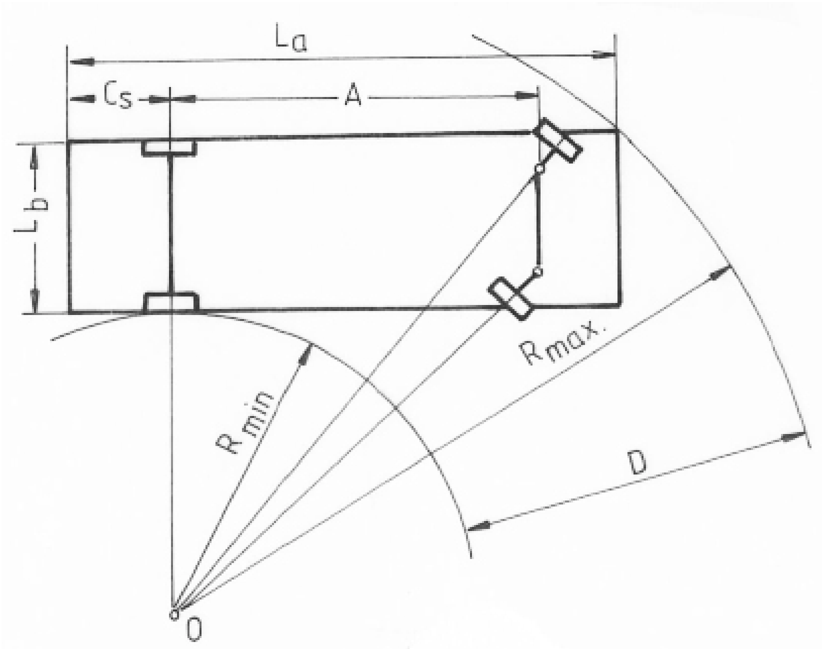


Fig.8. Schemă pentru determinarea lățimii de siguranță a culoarului virajului unui autocamion.

La trenul format din autocamion şi remorcă, aceeaşi distanță D se determină cu relația:

$$D = R_{mx} + \frac{L_m}{2} - \sqrt{\left(\sqrt{R_{mx}^2 - (L_t - C_s)^2} - \frac{L_b}{2}\right)^2 + C_t^2 - C_r^2 - (L_r - L_f - L_s)^2} \qquad (3.19)$$

în care termenii au semnificațiile din fig. 9.

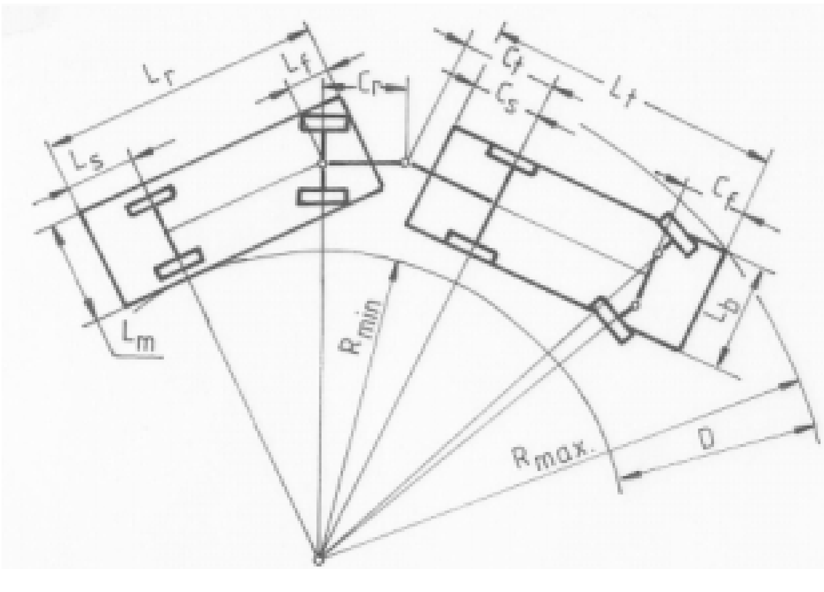


Fig.9. Schemă pentru determinarea lățimii de siguranță a culoarului virajului unui autocamion cu remorcă .

Pentru autocamioane cu semiremorci cu şa, lățimea de siguranță este dată de expresia:

$$D = R_{mx} + \frac{L_m}{2} - \sqrt{\left(\sqrt{R_{mx}^2 - (L_t - C_s)^2} - \frac{L_b}{2}\right)^2 + L_p^2 - (L_r - L_f - L_s)^2} \qquad (3.20)$$

semnificațiile termenilor fiind date în fig. 10.

Cele mai mari lățimi de siguranță sunt necesitate de autovehiculele cu semiremorcă cu şa, după cum reiese din exemplul ce se prezintă în continuare. Se iau în considerație trei vehicule

având comun autovehiculul tractor, ale cărui caracteristici sunt: L_a = 7,5 m; L_b = 2,5 m; C_s = 2,21m. Celălalt vehicul este compus din acelaşi camion şi o remorcă cu dimensiunile: C_t = 2,21 m; C_r = 2,5 m; L_r = 5 m; L_f = 0,5 m; L_s = 1 m; L_m = 2,5 m. In fine, ultimul vehicul conține acelaşi camion, dar este prevăzut cu o semiremorcă ale cărui dimensiuni sunt: L_f = 1,5 m; L_p = 0,655 m; L_r = 12 m; L_m = 2,5 m; L_s = 2,65 m. Distanțele de siguranță ale culoarului de înscriere în viraj calculate cu rel. (3.18), (3.19) şi (3.20) se prezintă sintetic, în funcție de raza exterioară $R_{mx,}$ în tab. 3.6.

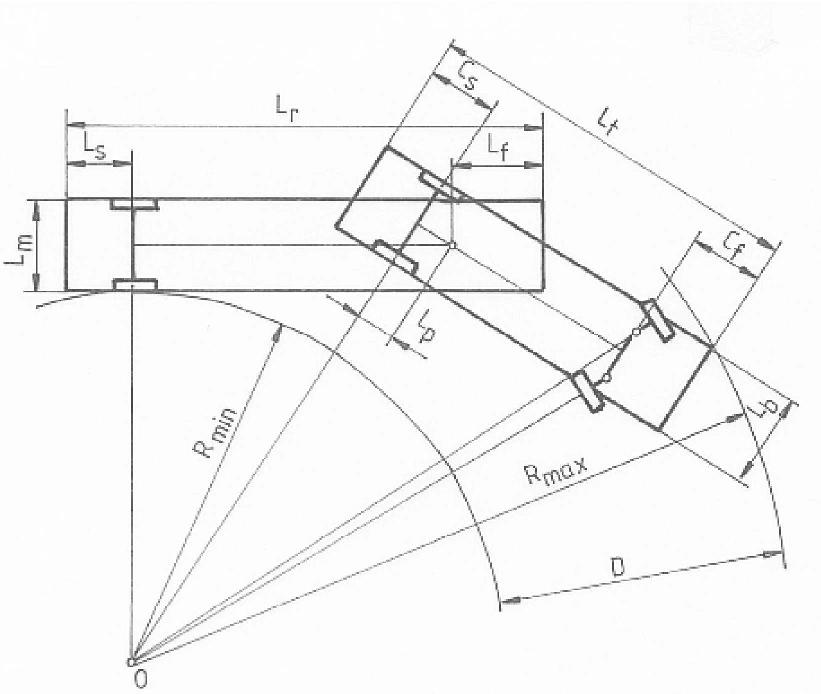


Fig.10. Schemă pentru determinarea lățimii de siguranță a culoarului virajului unui autovehicul cu semiremorcă .

Tabelul 3.6 Lățimea de siguranță a culoarului de viraj în funcție de raza exterioară a curbei.

R_{mx} [m]	D_1 [m]	D_2 [m]	D_3 [m]
11	3,85	4,71	9,20
15	3,46	4,00	6,13
20	3,21	3,59	4,99
30	2,97	3,21	4,07
40	2,85	3,02	3,65
50	2,78	2,92	3,41
60	2,73	2,85	3,25
80	2,67	2,76	3,06
100	2,64	2,70	2,95
130	2,60	2,66	2,84
160	2,58	2,63	2,78
200	2,56	2,60	2,72

Unde D_1 - pentru autocamion solo; D_2 – pentru autocamion cu remorcă ;D_3 – pentru autocamion cu semiremorcă .

Lățimea standard a unei benzi de circulație este de 3,5 m şi după cum se observă din tab.3.6 poate fi depăşită de lățimea de siguranță a culoarului vehiculelor cu remorcă, pentru raze de viraj sub 20 m, iar în cazul vehiculelor cu semiremorcă, la raze sub 40 m. Rezultă că în trafic prezintă pericol numai vehiculele cu semiremorcă, curbele cu raze de 40 m permițând abordări cu viteze de până la cca. 40 km/h.

De regulă accidentele cauzate de aprecierea eronată a culoarului de viraj se produc în perioda menevrelor şi au urmări grave dacă sunt implicați şi pietoni. Accidentele de trafic produse de vehiculele cu semiremorcă sunt cauzate de cele mai multe ori de înscrierea lor în viraj pe mijlocul benzii de circulație, sau la limita dinspre interiorul virajului.

3.2.3. Traiectoria semiremorcii în viraj.

Inscrierea în viraje pe traiectorii circulare se întâlneşte numai în cazul manevrărilor speciale. In mod obişnuit, în trafic vehiculul tractor execută viraje sub formă de clotoidă şi, pentru precizarea condițiilor cinematice de producere a unui eventual accident este necesar să se cunoască traiectoria pe care o descrie partea de vehicul predispusă la coliziune. După cum reiese din cele prezentate anterior, suscită interes din acest punct de vedere în special vehiculele cu semiremorcă, partea lor "vulnerabilă " fiind situată în zona ultimei roți dinspre interiorul virajului.

O metodă posibilă de trasare a traiectoriei acestei roți ar consta în utilizarea rel. (3.20), după ce în prealabil a fost stabilită traiectoria vehiculului tractor (care poate sau nu să aibă forma unei clotoide). Prin determinarea cu o metodă oarecare a razelor de curbură a diferitelor segmente de traiectorie se stabilesc lăț imile de siguranță D, care, prin poziționarea pe direcția razelor permit trasarea curbei deplasării roții ultime din interiorul virajului.

Metoda expusă este laborioasă şi totodată imprecisă, dacă razele de curbură se determină grafic. O metodă mai expeditivă şi mai precisă constă în construcția grafică a traiectoriei roții (fig. 11) pornind din poziția corespunzătoare începutului virajului.

Cu B s-a notat mijlocul ultimei axe, cu C poziția roții sale din interiorul curbei şi cu A punctul de articulare a semiremorcii la vehiculul tractor. Indicele 0 s-a atribuit poziției începutului virajului, iar indicele i – unei poziții intermediare. Prin curba $A_0A_iA_{i+1}$ s-a reprezentat traiectoria punctului de articulație de pe vehiculul tractor, situat în mod obişnuit în imediata apropiere a mijlocului axei motoare; această curbă fie se determină prin calcul, fie rezultă din urmele extrase din scena accidentului. In prima fază se trasează bisectoarea B_0J_1 a

unghiului $A_0B_0A_1$, punctul A_1 reprezentând o poziție consecutivă a deplasării articulației semiremorcii. Din punctul A_1 se trasează un cerc cu raza L_0, care intersectează bisectoarea B_0J_1 în punctul B_1 (L_0 fiind distanța între punctul de articulație şi mijlocul ultimei axe a semiremorcii). In continuare în B_1 se duce perpendiculara B_1C_1, a cărei lungime este egală cu jumătate din lățimea de gabarit a semiremorcii. In următoarele etape se construiesc după aceeaşi metodă bisectoarele $B_{i-1}J_{i-1}$, B_iJ_i, $B_{i+1}J_{i+1}$, punctele B_{i-1}, B_i, B_{i+1} şi în final, punctele C_{i-1}, C_i şi C_{i+1}. In cele din urmă se trasează traiectoria căutată $C_0C_iC_{i+1}$.

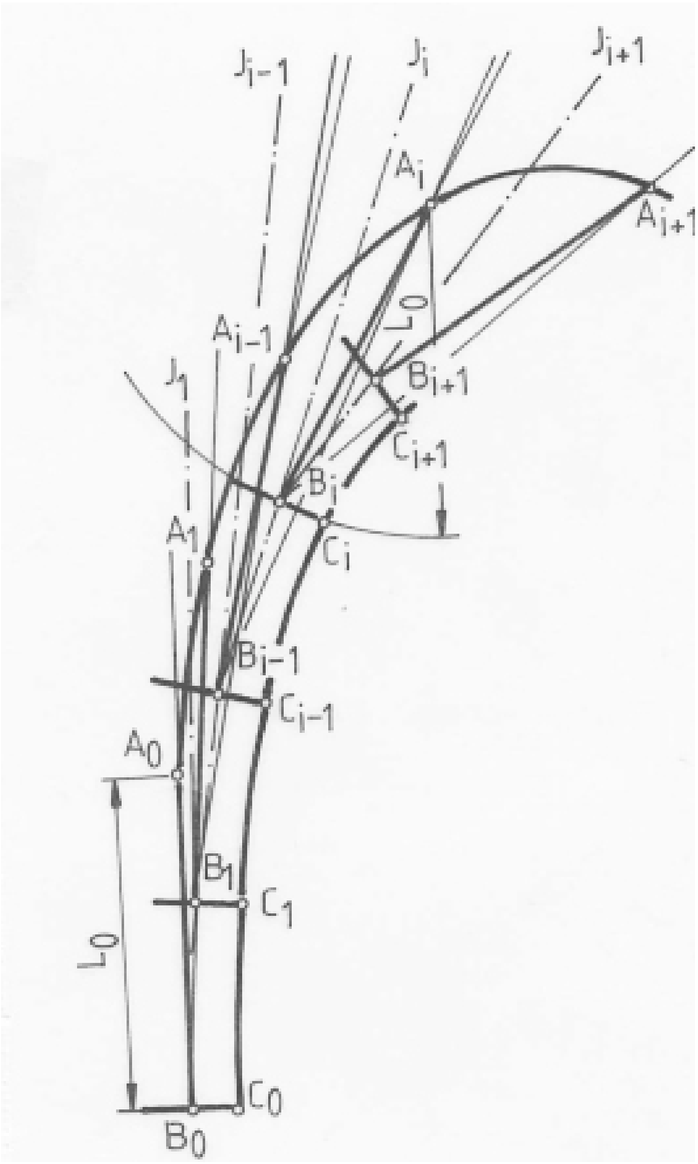


Fig.11. Trasarea traiectoriei semiremorcii în funcție de mişcarea vehiculului tractor.

Procesul depăşirii poate fi despărțit în trei etape consecutive (fig. 12):

- etapa inițială care decurge pe o distanță S_i şi pe care vehiculul care depăşeşte execută o miscare în S de desprindere din coloană şi de repliere pe o direcție paralelă cu a vehiculului depăşit;
- etapa depăşirii paralele cu vehiculul depăşit pe o distanță S_p;
- faza finală, cu o traiectorie în formă de S, pe o distanță S_s, pe care vehiculul se desprinde de

pe culoarul de depăşire şi revine pe banda inițială .

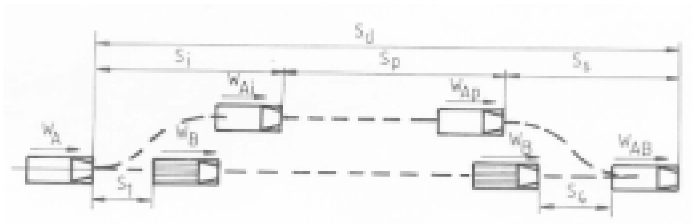


Fig.12 Schemă pentru definirea etapelor procesului de depăşire

3.3. Depasirea vehiculelor

3.3.1. Particularităț ile fazelor de desprindere din şi de revenire în coloană .

Etapa desprinderii din coloană poate fi schematizată prin două arce de cerc tangente (fig. 13) şi egale, punctul A marcând momentul începerii deplasării iar punctul C, începutul deplasării paralele cu vehiculul depăşit. Si pentru faza revenirii în coloană se poate adopta aceeaşi schematizare, punctul A semnificând în acest caz momentul începerii revenirii, iar C – momentul sfârşitului depăşirii. Prin S s-a notat lungimea traseului desprinderii sau revenirii (S_i sau respectiv S_s), iar M semnifică distanța laterală de siguranță dintre axele longitudinale ale vehiculelor.

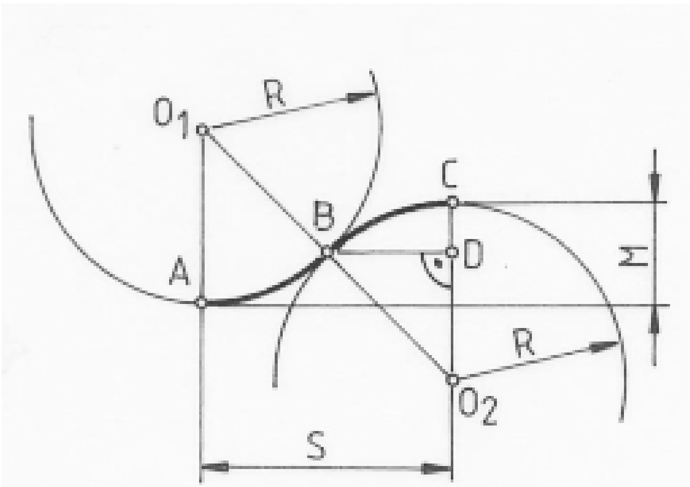


Fig.13 Schematizarea desprinderii şi revenirii vehiculului care depăşeşte.

Dacă distanța AB este parcursă în timpul t, viteza W a vehiculului care depăşeşte poate fi aproximată prin relația:

$$W = \frac{AB}{t} = \frac{1}{t}\sqrt{M^2 + S^2} \qquad (3.21)$$

Stiind că între accelerația laterală a_t, viteza şi raza R există legătura $R \cdot a_t = W^2$, se deduce:

$$R = \frac{1}{t^2 \cdot a_t} \cdot \left(M^2 + S^2\right) \qquad (3.22)$$

In triunghiul dreptunghic O_2BD este îndeplinită condiția:

$$R = \frac{1}{4M} \cdot \left(M^2 + S^2\right) \qquad (3.23)$$

Din identitatea expresiilor (3.22) şi (3.23) rezultă :

$$t = \sqrt{\frac{4M}{a_t}} = \sqrt{\frac{4M}{g \cdot \varphi_t}} = \sqrt{\frac{M}{2{,}45 \cdot \varphi_t}} \qquad (3.24)$$

în care φ_t reprezintă coeficientul de frecare aderentă pe direcție transversală .

La stabilirea rel. (3.24) s-a avut în vedere deplasarea vehiculului pe arce de cerc. In realitate, traiectoria este compusă din arce de clotoidă, ceea ce impune corecția relației menționate:

$$t = \sqrt{\frac{M}{1{,}56 \cdot \varphi_t}} \qquad (3.25)$$

Din condiții de menținere a confortului la accelerații laterale depăşirile decurg cu φ_t = 0,2…0,26; în mod obişnuit, distanța de siguranță M = 3…3,5 m. In asemenea condiții reiese că :

$$t = \sqrt{\frac{2...3{,}5}{1{,}56 \cdot \left(0{,}2...0{,}26\right)}} = 2{,}8...3{,}3\,s \approx 3\,\text{sec} \qquad (3.26)$$

La autotrenuri, din cauza dimensiunilor mai mari a lungimii lor L_a, distanța totală S_t (fig.14) aferentă primei faze impune corecția timpului t*:

$$t^* = t + \frac{L_a}{W} \qquad (3.27)$$

După cum se observă, **considerarea constantă, cu valoarea de 3 secunde a timpilor de desprindere din şi de revenire în coloană se impune ca un criteriu obiectiv pentru aprecierea conduitei conducătorului auto angajat într-un accident cauzat de depăşirea unui alt vehicul.**

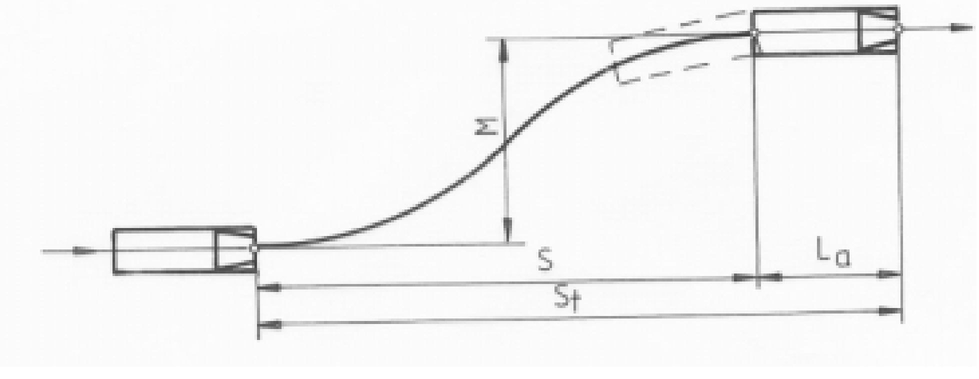


Fig.14 Schemă pentru determinarea timpilor de desprindere
sau de revenire.

3.3.2. Modalități de efectuare a depăşirilor.

In continuare se prezintă câteva modalități de efectuare a depăşirilor întâlnite frecvent în practica conducerii auto, care se pot clasifica în funcție de viteza şi accelerația vehiculului care depăşeşte. In mod obişnuit, vehiculul care este depăşit îşi păstrează nemodificată viteza, ceea ce se va considera şi în cele ce urmează. Pentru simplificare, se notează cu A vehiculul care efectuează depăşirea şi cu B vehiculul depăşit. Variantele de efectuare a depăşirilor s-au identificat prin cifre romane.

Varianta I: vehiculul A se deplasează în coloană în spatele vehiculului B cu aceeaşi viteză $W_A = W_B$, la distanta de siguranță S_1. Când se iveşte posibilitatea depăşirii, vehiculul A accelerează şi începe desprinderea, astfel că la finele primei etape atinge o viteză $W_{Ai} > W_B$. După deplasarea paralelă pe distanța S_p tot cu aceeaşi accelerație **a**, la finele căreia atinge viteza $W_{Ap} > W_{Ai}$ începe să revină pe banda inițială fără să mai accelereze; se consideră astfel că pe distanța etapei finale S_s se deplasează cu viteza constantă W_{Ap}.

Varianta II: ambele vehicule îşi mențin constante vitezele pe parcursul depăşirii. Deoarece se constată că din sensul opus nu circulă un alt vehicul, iar distanța de vizibilitate este suficient de mare, vehiculul A, având viteza $W_A > W_B$ intră în depăşirea lui B începând de la o distanță de siguranță S_1 (fig.12). Când spatele lui A depăşeşte cu S_3 fața lui B începe revenirea pe banda inițială, astfel ca după revenire între A şi B să existe o distanță de siguranță S_4 (fig.19).

Varianta III: vehiculul A se deplasează cu viteză constantă $W_A > W_B$, iar când ajunge la distanța de siguranță S_1 în spatele lui B, sesizând că este posibilă depăşirea, începe desprinderea de pe bandă şi concomitent accelerează. In continuare A efectuează o aceeaşi deplasare ca la varianta I.

Varianta IV: similară cu varianta II până când A începe revenirea pe banda inițială , după care se consideră că îşi continuă deplasarea cu aceeaşi mişcare uniform accelerată . Revenirea trebuie să înceapă după ce depăşeşte vehiculul B cu distanța S_3, astfel ca în momentul sfâşitului depăşirii, între ele să existe o distanță de siguranță S_4.

3.3.3. Distanța de siguranță la desprinderea din coloană şi la revenirea pe banda inițială .

Există posibilitatea ca în momentele începerii depăşirii sau terminării ei, vehiculul aflat înainte să execute o frânare energică din motive obiective. Dacă între ele nu se prevăd în momentele respective distanțe de siguranță, pot avea loc coliziuni urmate de accidente neplăcute. Obligația respectării distanței de siguranță revine vehiculului A care efectuează depăşirea şi prin asta generează un eventual pericol.

Distanța de siguranță S_1 la desprinderea din coloană se determină în funcție de varianta

în care se efectuează depăşirea. De pildă, în cazul **variantei I** distanța S_1 este aceeaşi ca la circulația în coloană. Pentru a se evita coliziunea cu vehiculul B care ar putea frâna energic, vehiculul A ar trebui să se afle la o distanță S_1 care să -i permită începerea aceleiaşi manevre înainte sau chiar în locul în care a început frânarea vehiculul B (fig.15). Acest lucru este posibil (se consideră eficiențe egale de frânare) dacă este îndeplinită condiția:

$$S_1 \geq W_A \cdot t_r \tag{3.28}$$

în care t_r reprezintă timpul de reacție al conducătorului vehiculului A.



Fig.15 Schemă pentru determinarea distanței de siguranță la desprinderea din coloană .

In **varianta II**, S_1 trebuie să fie suficient de mare pentru ca vehiculul A să poată începe frânarea înaintea locului în care a început-o vehiculul B şi astfel la ajungerea în acest loc să se fi redus viteza la cel mult valoarea W_B. Deci, dacă d este decelerația unei frânări energice, la distanța de reacție $W_A t_r$ (fig.16) trebuie adăugată distanța necesară reducerii vitezei, deci:

$$S_1 \geq W_A \cdot t_r + \frac{W_A^2 - W_B^2}{2d} \tag{3.29}$$

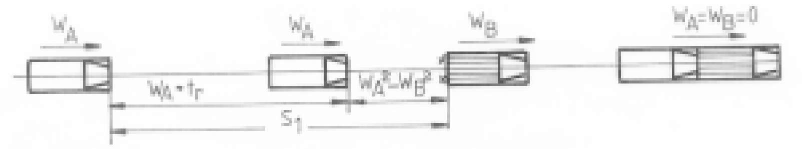


Fig.16. Schemă pentru determinarea distanței de siguranță la desprinderea pentru depăşirea cu viteză constantă

La variantele III şi IV, S_1 trebuie să fie şi mai mare, întrucât în timpul de reacție t_r vehiculul A accelerază şi îşi măreşte viteza cu $a \cdot t_r$ (fig.17).

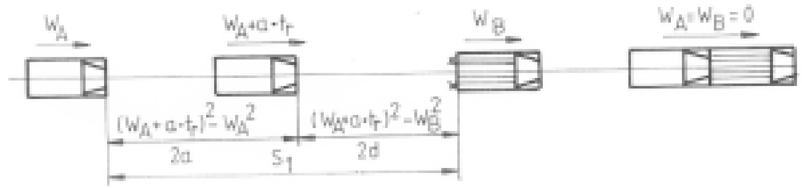


Fig.17. Schemă pentru determinarea distanței de siguranță la desprinderea pentru depăşirea cu mişcare uniform accelerată .

Pentru ca A să -şi reducă viteza la W_B în locul în care B începe frânarea este necesar ca:

$$S_1 \geq \frac{(W_A + a \cdot t_r)^2 - W_A^2}{2a} + \frac{(W_A + a \cdot t_r)^2 - W_B^2}{2d} \tag{3.30}$$

Accelerațiile medii **a** aferente depăşirilor depind de viteză şi de categoria vehiculului; pentru autoturisme se pot folosi datele din tab. 3.7.

Tabelul 3.7 Accelerațiile medii (în m/s²) ale unor categorii de autoturisme pe domenii de viteze.

Categoria autoturismului	Domeniul de viteze [km/h]				
	0…40	40…60	60…80	80…100	100…200
Autoturisme de sport (Jaguar, BMW)	6,2	5,5	3,4	2,6	2,3
Autoturisme performante cu confort ridicat (Mercede Benz seriile 200 şi 300, Ford Mustang, etc)	4,6	2,7	2,4	1,6	1,2
Autoturisme de clasă medie (Peugeot 204, Renault 21, VW Vento, DAEWOO Cielo)	2,9	1,6	1,1	0,87	0,41
Autoturisme populare (VW 1300, VW Golf, DACIA 1310, DAEWOO TICO, OLTCIT)	2,6	1,5	0,9	0,5	0,25

Distanța de siguranță S_5 dintre vehicule la sfârşitul depăşirii (fig.18) trebuie să fie suficient de mare pentru ca vehiculul B să nu loveascvă vehiculul A când acesta ar începe o frânare energică chiar în momentul revenirii pe banda inițială. Dacă vehiculul A ar avea în momentul începerii frânării viteza W_{As}, el s-ar opri pe distanța $W_{As}^2/2d$; deci pentru a nu-l lovi, vehiculul B ar trebui oprit pe o distanță de cel mult $S_5 + W_{As}^2/2d$, ceea ce presupune ca:

$$S_5 = W_B \cdot t_r - \frac{W_{As}^2 - W_B^2}{2d} \qquad (3.31)$$

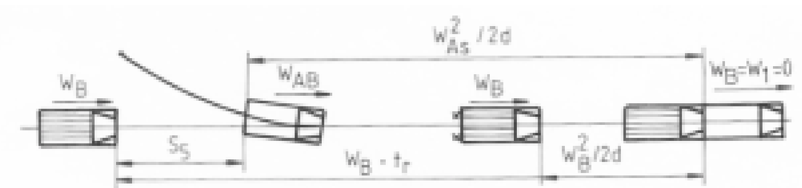


Fig.18. Schemă pentru determinarea distanței de siguranță la revenirea pe banda inițială

Indeplinirea condiției (3.31) depinde de distanța S_3 dintre cele două vehicule, când A începe mişcarea de revenire pe banda inițială (fig. 19).

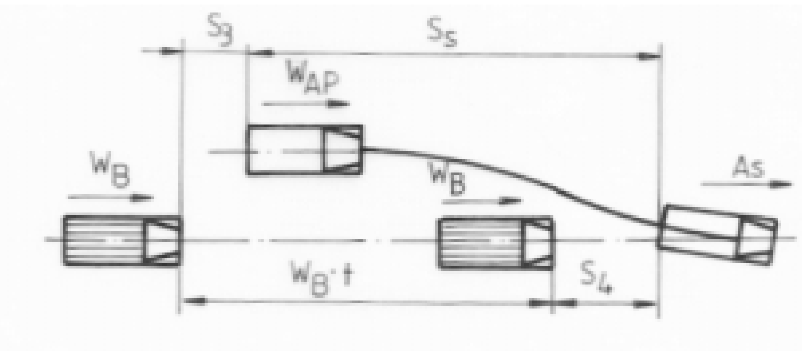


Fig.19. Schemă pentru determinarea distanței dintre vehicule la revenirea pe banda inițială

Astfel, când vehiculul A revine pe banda inițială "găseşte" vehiculul B la o distanță S_4, care se determină din egalitatea:

$$S_3 + S_s = S_4 + W_B \cdot t \tag{3.32}$$

în care t are semnificațiile din rel. (3.25) şi (3.26).

Pentru variantele I, II şi III de depăşire luate în considerație, $S_s = W_{Ap} \cdot t$, aşa că ,

$$S_4 = S_3 + \left(W_{Ap} - W_B\right) \cdot t; \tag{3.33}$$

La **varianta IV**,

$$S_s = \frac{W_{As}^2 - W_{Ap}^2}{2a} = \frac{\left(W_{Ap} + a \cdot t\right)^2 - W_{Ap}^2}{2a}, \tag{3.34}$$

şi în consecință ,

$$S_4 = S_3 + \frac{\left(W_{Ap} + a \cdot t\right)^2 - W_{Ap}^2}{2a} - W_b \cdot t \tag{3.35}$$

Siguranța revenirii pe banda inițială a vehiculului A se exprimă deci prin condiția:

$$S_4 > S_5 \tag{3.36}$$

După înlocuirea rel. (3.31), (3.34) şi (3.35) se deduce distanța S_3^* necesară revenirii în siguranță :

- pentru variantele I, II sau III,

$$S_3^* \geq W_B \cdot t_r - \left(W_{Ap} - W_B\right) \cdot t - \frac{W_{Ap}^2 - W_B^2}{2d}; \tag{3.37}$$

- pentru varianta IV,

$$S_3^* \geq \left(t_r + t\right) \cdot W_B - \frac{\left(W_{Ap} + a \cdot t\right)^2 - W_{Ap}^2}{2a} - \frac{\left(W_{Ap} + a \cdot t\right)^2 - W_B^2}{2d}, \tag{3.38}$$

în care, conform rel. (3.26), t = 3 secunde.

Este posibil ca S_3^* calculat cu rel. (3.37) şi (3.38) să aibă valori negative. Când valoarea absolută a lui S_3^* este mai mare decât lungimea L_a a vehiculului A, acesta poate depăşi în siguranță vehiculul B.

Pentru exemplificare se consideră că vehiculul B se deplasează cu o viteză de 18 m/s, şi este depăşit, în varianta II, de vehiculul A care într-un prim caz ar circula cu W_A = 20 m/s, iar în al doilea, cu W_A = 22 m/s. Dacă d = 7 m/s^2, t_r = 1 s, t = 3 s, $W_{Ap} = W_A$ şi L_a = 4,5 m, prin aplicarea rel. (3.37) se obține:

- pentru W_A = 20 m/s,

$$S_3^* \geq 18 \cdot 1 - (20 - 18) \cdot 3 - \frac{20^2 - 18^2}{2 \cdot 7} \geq 6{,}5\,[m];$$

- pentru W_A = 22 m/s,

$$S_3^* \geq 18 \cdot 1 - (22 - 18) \cdot 3 - \frac{22^2 - 18^2}{2 \cdot 7} \geq 5{,}4\,[m].$$

Reiese că viteza de 20 m/s nu conferă vehiculului A posibilitatea începerii revenirii decât după ce el trece de B cu 6,5 m; din contra, viteza de 22 m/s permite începerea revenirii în siguranță a vehiculului A când partea sa frontală se află în spatele părții frontale a vehiculului B cu distanța $-(L_a + S_3) = -(4,5 - 5,4) = 0,9$ m.

3.3.4. Stabilirea mărimilor cinematice care interesează procesul depășirii.

Pentru aprecierea conduitei șoferului care efectuează depășirea este necesară cunoașterea următoarelor mărimi cinematice:

- distanțele de siguranță S_1 la desprindere (fig.20), S_4 la revenire și distanța efectivă S_3^* de la care poate începe revenirea pe banda inițială :

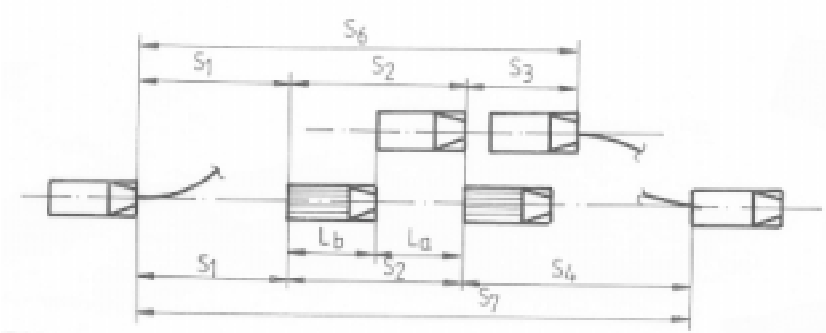


Fig.20 Schemă pentru determinarea mărimilor cinematice ale procesului depășirii.

- vitezele vehiculelor în momentele de referință ale depășirii: W_{Ai}, W_{Ap}, W_{As};
- distanța totală S_d pe care s-a efectuat depășirea și timpul t_d corespunzător ei;
- distanțele S_i de desprindere, S_p de mers în paralel cu vehiculul B și de revenire S_s pe banda inițială .

In continuare se prezintă metodica de calcul a acestor mărimi. Inlănțuirea logică a etapelor de calcul impune gruparea variantelor de depășire considerate într-o altă ordine decât cea reclamată de numerotarea adoptată inițial.

Astfel, rezolvarea cea mai simplă revine **variantei II de depășire**, deoarece pe tot parcursul se mențin condițiile: $W_A - W_B = \text{const.}$ și $W_A = W_{Ai} = W_{Ap} = W_{As}$.

In procesul depășirii, vehiculul A se deplasează relativ în raport cu vehiculul B (fig.20) pe o distanță S_7:

$$S_7 = S_1 + S_2 + S_4; \quad S_2 = L_a + L_b, \tag{3.39}$$

în care L_b reprezintă lungimea vehiculului B.

In continuare se poate stabili timpul t_d:

$$t_d = \frac{S_7}{W_A - W_B} = \frac{S_1 + S_2 + S_4}{W_A - W_B}. \tag{3.40}$$

Distanțele de referință se calculează cu expresiile:

$$S_d = W_A \cdot t_d\,; \tag{3.41}$$

$$S_i = S_s = W_A \cdot t = 3 \cdot W_A\,; \tag{3.42}$$

$$S_p = S_d - 2 \cdot S_i\,. \tag{3.43}$$

Distanțele de siguranță S_1 şi S_3^* rezultă din rel. (3.29) şi respectiv (3.37), iar S_4 din rel. (3.33).

In cadrul variantei IV, pe tot parcursul depăşirii, vehiculul A se mişcă uniform accelerat, ceea ce înseamnă că :

$$t_d = -\frac{W_A - W_B}{a} + \sqrt{\left(\frac{W_A - W_B}{a}\right)^2 + 2 \cdot \frac{S_7}{a}}\,; \tag{3.44}$$

$$S_d = W_A \cdot t_d + \frac{a}{2} \cdot (t_d)^2\,. \tag{3.45}$$

Vitezele în momentele de referință sunt:

$$W_{Ai} = W_a + a \cdot t = W_A + 3a\,; \tag{3.46}$$

$$W_{As} = W_A + a \cdot t_d\,; \tag{3.47}$$

$$W_{Ap} = W_{As} - a \cdot t = W_{As} - 3a\,. \tag{3.48}$$

In continuare se pot stabili distanțele:

$$S_i = \frac{W_{Ai}^2 - W_A^2}{2a}\,; \tag{3.49}$$

$$S_s = \frac{W_{As}^2 - W_{Ap}^2}{2a}\,; \tag{3.50}$$

$$S_p = S_d - (S_i + S_s)\,. \tag{3.51}$$

Spațiile de siguranță S_1 şi S_3^* se calculează cu rel. (3.30) şi respectiv(3.38), iar S_4, cu (3.35).

Pentru varianta III se defineşte separat distanța relativă S_6:

$$S_6 = S_1 + S_2 + S_3\,, \tag{3.52}$$

şi timpul t_6 necesar parcurgerii ei:

$$t_6 = -\frac{W_A - W_B}{a} + \sqrt{\frac{(W_A - W_B)^2}{a} + 2 \cdot \frac{S_6}{a}}\,. \tag{3.53}$$

In continuare se calculează t_d:

$$t_d = t_6 + t = t_6 + 3\,, \tag{3.54}$$

iar W_{ai} se determină cu rel. (3.46).

Celelalte mărimi se stabilesc cu expresiile:

$$W_{Ap} = W_{As} = W_A + a \cdot t_6\,; \qquad (3.55)$$

$$S_s = t \cdot W_{Ap} = 3 \cdot W_{Ap}\,; \qquad (3.56)$$

$$S_d = W_A \cdot t_6 + \frac{a}{2} \cdot (t_6)^2 + S_s\,; \qquad (3.57)$$

In final se calculează S_i cu rel. (3.49), S_p cu rel. (3.51), S_1 cu rel. (3.30), S_3 cu rel. (3.37) şi S_4 cu rel. (3.33).

La varianta I,

$$t_6 = \sqrt{\frac{2 \cdot S_6}{a}} \qquad (3.58)$$

în care S_6 se stabileşte cu rel. (3.62), iar celelalte mărimi se determină cu relațiile deja cunoscute: t_d cu rel. (3.54); W_{Ai} cu (3.46); W_{Ap} cu (3.55); $W_{As} = W_{Ap}$; S_d cu (3.57); S_i cu (3.49); S_s cu (3.56); S_p cu (3.51); S_1 cu (3.28); S_3^* cu (3.37); S_4 cu (3.33).

Depăşirile cu mişcare uniformă accelerată sunt mai "scurte", deci mai sigure. Relevante în acest sens sunt mărimile cinematice prezentate în tab. 3.8, calculate pentru 3 posibilități de depăşire: două în varianta I, cu accelerații de 1,5 m/s^2 şi 2 m/s^2 şi una în varianta II. Pentru toate s-a adoptat în prealabil o distanță S_3 = 5 m, din calcule reieşind valoarea necesară S_3^*.

După cum se observă , cu toate că viteza vehiculului A la începutul depăşirii este mai mică în cadrul primei variante cu 3 m/s, depăşirea prin cea de a doua variantă necesită distanțe mai mari cu cca. 60 %. Acest aspect demonstrează superioritatea celei de a doua variante şi de altfel motivează conduita aplicată de majoritatea conducătorilor auto. O altă constatare importantă se desprinde din influența accelerației. O creştere a accelerației de la 1,5 m/s^2 la 2 m/s^2 (cu 33 %) implică un nivel sensibil mai ridicat al performanțelor dinamice ale vehiculului, dar nu se reflectă în aceeaşi măsură şi în siguranța depăşirii: distanța totală scade nesemnificativ, de la 232 m la 221 m, deci cu numai 5 %. In final, ar rezulta că adoptarea unei distanțe S_3 = 5 m satisface varianta II, dar este mult prea mare pentru varianta I. Ultima formulare nu reflectă în totalitate realitatea; dacă s-ar adopta S_3^* rezultată din calcul ar fi păstrată condiția finală $S_4 > S_5$, dar autovehiculele A şi B s-ar lovi lateral pe parcursul revenirii lui A pe banda inițială . Acesta este şi motivul pentru care, indiferent dacă S_3^* rezultă negativ, se recomandă totuşi S_3 = 3…4 m.

Tabelul 3.8 Calculul mărimilor cinematice ale unor depăşiri efectuate după variantele I şi II.

Mări-mea cinema-tică	Condițiile în care se efectuează depăşirea				
	După varianta I; $W_A = W_B = 18$ [m/s] ; $S_2 = 9$ [m] ; d = 7 [m/s^2] $S_3 = 5$ [m] ; $t_r = 1$ [s] ; t = 3 [s] .		Nr. relației de calcul.	După varianta II; $W_A = 21$ [m/s]; $W_B = 18$[m/s] ; d = 7 [m/s^2] ; $S_2 = 9$[m] ; $S_3 = 5$[m] $t_r = 1$ [s]; t = 3 [s]	Nr. relației de calcul.
	a = 1,5 [m/s^2]	a = 2 [m/s^2]		a = 0	
S_1 [m]	18 · 1 = 18	18 · 1 = 18	3.28	21 · 1+(21^2 - 18^2)/2 · 7 = 29,35	3.29
S_6 [m]	18 + 9 + 5 = 32	18 + 9 + 5 = 32	3.52	29,35 + 9 + 5 = 43,35	3.52
t_6 [s]	$\sqrt{(2 \cdot 32)/1{,}5} = 6{,}53$	$\sqrt{(2 \cdot 32)/2} = 5{,}65$	3.58	43,35/(21 - 18) = 14,45	
W_{Ai} [m/s]	18 + 3 · 1,5 = 22,5	18 + 3 · 2 = 24	3.46	21	$W_{Ai} = W_A$
W_{Ap} [m/s]	18 + 1,5 · 6,53 = 27,79	18 + 2 · 5,65 = 29,3	3.55	21	$W_{Ap} = W_A$
W_{As} [m/s]	27,79	29,3	$W_{As} = W_{Ap}$	21	$W_{As} = W_A$
S_4 [m]	5 + (27,79 - 18) · 3 = 34,37	5 + (29,3 - 18) · 3 = 38,9	3.33	5 + (21-18) · 3 = 14	3.33
S_7 [m]	18 + 9 + 34,37 = 61,37	18 + 9 + 38,9 = 65,9	3.39	29,35 + 9 + 14 = 52,35	3.39
t_d [s]	6,53 + 3 = 9,53	5,65 + 3 = 8,65	3.54	52,35/(21 - 18) = 17,45	3.40
S_s [m]	3 · 27,79 = 83,37	3 · 29,3 = 87,9	3.56	3 · 21 = 63	3.42
S_d [m]	18 · 6,53 + (1,5/2) · 6,53^2 + 83,37 = = 232,89	18 · 5,65 + (2/2) · 5,65^2 + 87,9 = = 221,52	3.57	21 · 17,45 = 366,45	3.41
S_i [m]	(22,5^2 - 18^2)/(2 · 1,5) = 60,75	(24^2 – 18^2)/(2 · 2) = 63	3.49	3 · 21 = 63	3.42
S_p [m]	232,89 – (60,75 + 83,37) = 88,77	221,52 – (63 + 87,9) = 70,62	3.51	366,45 – (2 · 63) = 240,45	3.43
S_3^* [m]	18 · 1–(27,79 - 18) · 3 – (27,79^2 - 18^2)/ /(2 · 7) = - 43,39	18 · 1 – (29,3 - 18) · 3 – - (29,3^2 - 18^2)/(2 · 7) = - 54,07	3.37	18 · 1–(21 - 18) · 3 – (21^2 - 18^2)/ /(2 · 7) = 0,64	3.37

3.4. Adaptarea vitezei vehiculului în funcție de principalii factori generatori de accidente.

Majoritatea accidentelor rutiere grave sunt cauzate de deplasările cu viteze excesive. In localităţi, pe şosele sau pe anumite porţiuni de drum susceptibile de producerea unui accident se prevăd restricții de viteze semnalizate sau impuse prin legislația rutieră, în funcție de fiecare categorie de vehicul. Astfel, conducătorul de vehicul este prevenit să adapteze viteza la valori bine cunoscute iar conduita sa poate fi apreciată suficient de precis. Există însă şi numeroase situaţii în care şoferul nu este informat asupra limitei vitezei necesare deplasării în siguranţă, răspunderea pentru adaptarea vitezei revenindu-i în totalitate, ca şi în cazul precedent. Pentru a aprecia corect viteza deplasării în siguranță în diversele situații întâlnite în practica conducerii auto, şoferii sunt în prealabil familiarizaţi cu prilejul şcolarizării; apoi, deprinderile privind adaptarea vitezei sunt desăvârşite prin experiența în conducere.

Şoferul trebuie să adapteze viteza după aprecierile proprii în funcție de: distanța de vizibilitate, curbura traiectoriei vehiculului, aderența carosabilului, denivelările drumului, starea sa de oboseală, deplasarea în zonele destinate trecerii pietonilor, etc. Evident, particularitățile aspectelor menționate sunt multiple şi suferă modificări în timp şi spaţiu, ceea ce face imposibilă stabilirea unor valori ale limitelor de viteze. Aprecierea conduitei şoferului revine expertului tehnic, pe baza unor criterii ce se prezintă în continuare.

3.4.1. Adaptarea vitezei în funcție de distanța de vizibilitate.

Ciocnirea cu un obstacol aflat pe carosabil poate fi evitată, dacă nu este posibil un viraj de ocolire, numai printr-o frânare deosebit de energică care ar permite oprirea vehiculului pe distanța S_t de la care şoferul poate sesiza prezența obstacolului. O parte din distanța S_t este parcursă în timpul de reacție t_r al conducătorului, o altă parte este afectată creşterii decelerației frânării în perioada t_i până la atingerea coeficientului de aderență φ, iar pe ultima parte se frânează cu roțile blocate, frecarea fiind caracterizată printr-un coeficient de patinare φ_b. Admițând o creştere liniară a decelerației la începutul frânării, vehiculul se poate opri pe distanța S_t numai dacă se deplasează cu o viteză de cel mult W km/h care satisface egalitatea:

$$\frac{W}{3{,}6}\cdot t_r+\frac{W^2-(W-1{,}8\cdot t_i\cdot\varphi\cdot g)^2}{127{,}1\cdot\varphi}+\frac{(W-1{,}8\cdot t_i\cdot\varphi\cdot g)^2}{254{,}2\cdot\varphi_b}=S_t \qquad (3.59)$$

Prin gruparea termenilor se obține ecuația:

$$\begin{aligned}&W^2+W\cdot(70{,}611\cdot\varphi_b\cdot t_r+70{,}632\cdot t_i\cdot\varphi\cdot\varphi_b-35{,}316\cdot t_i\cdot\varphi)-\\&-(254{,}2\cdot\varphi_b\cdot S_t+623{,}608\cdot t_i^2\cdot\varphi\cdot\varphi_b-311{,}804\cdot t_i^2\cdot\varphi^2)=0\end{aligned} \qquad (3.60)$$

In continuare se poate determina timpul t_t în care este parcursă distanța S_t:

$$t_t = t_r + t_i + \frac{W - 1{,}8 \cdot t_i \cdot \varphi \cdot g}{35{,}316 \cdot \varphi_b} \qquad (3.61)$$

Dacă vehiculul este prevăzut cu instalație de frânare cu ABS, în relațiile (3.60) şi (3.61) în locul lui φ_b se ia valoarea lui φ.

In cazul drumurilor cu înclinație longitudinală, coeficienții φ şi φ_b se corectează în funcție de pantă.

De pildă , se consideră un autoturism care coboară un drum cu îmbrăcăminte asfaltică în stare umedă, înclinat cu $\beta = 5°$, în condițiile în care vizibilitatea este limitată la o distanță $S_t = 25$ m.

Se ia $\varphi = 0{,}5$ şi $\varphi_b = 0{,}4$, şi se determină :

$$\varphi_p = 0{,}5 \cdot \cos 5° - \sin 5° = 0{,}41; \quad \varphi_{bp} = 0{,}4 \cdot \cos 5° - \sin 5° = 0{,}31.$$

Dacă $t_r = 1$ s şi $t_i = 0{,}2$ s, ecuația (3.60) are aspectul:

$$W^2 - (70{,}611 \cdot 0{,}31 \cdot 1 + 70{,}632 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}41 \cdot 0{,}31 - 35{,}316 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}41) \cdot W -$$
$$- (254{,}2 \cdot 0{,}31 \cdot 25 + 623{,}608 \cdot 0{,}2^2 \cdot 0{,}41 \cdot 0{,}31 - 311{,}804 \cdot 0{,}2^2 0{,}41^2) = 0$$

In urma rezolvării se obține W = 35,2 km/h. In continuare, cu rel. (3.61) se obține:

$$t_t = 1 + 0{,}2 + \frac{35{,}2 - 1{,}8 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}41 \cdot 9{,}81}{35{,}316 \cdot 0{,}31} = 4{,}28\ s.$$

Deci, în condițiile vizibilității de cel mult 25 m, pe drumul cu caracteristicile menționate, viteza trebuie să fie adaptată la o valoare de cel mult 35,2 km/h, care permite oprirea în 4,28 secunde.

Am calculat mai sus $\varphi_p = 0{,}41$ şi $\varphi_{bp} = 0{,}31$. Dacă $t_r = 1$ s şi $t_i = 0{,}2$ s, din ecuația(3.60) se deduce W = 35,2 Km/h; în continuare, cu rel. (3.61) se obține $t_t = 4{,}28$ s. Deci, pentru o vizibilitate de cel mult 25 m este necesară o viteză mai mică de 35,2 Km/h.

3.4.2. Adaptarea vitezei în curbe.

Depăşirea unei anumite limite a vitezei la deplasarea în curbe poate provoca răsturnarea sau derapajul. Esta posibil ca un vehicul să nu se răstoarne sub acțiunea forței centrifuge datorită curbei, ci, cel mult să intre în derapaj. Vehiculele cu înălțime mai mare se pot răsturna în curbe fără a derapa în prealabil dacă drumul este uscat; în cazul carosabilului alunecos ele pot intra în derapaj fără să se răstoarne. Comportamentul vehiculului în curbă este influențat astfel de viteză şi de anduranța drumului.

Răsturnarea se produce când momentul forței centrifuge în raport cu linia de contact a roților din exteriorul curbei anulează reacțiunea de pe roțile din interior. De pildă, în cazul

general al unei curbe cu supraînălțare (înclinația transversală β* a drumului) echilibrul momentelor (fig. 21) se exprimă prin relația:

$$Z_s \cdot E - G \cdot h \cdot \sin\beta^* - G\frac{E}{2}\cos\beta^* + F_c \cdot h \cdot \cos\beta^* - F_c\frac{E}{2}\sin\beta^* = 0 \qquad (3.62)$$

în care Z_s reprezintă reacțiunea roților din stânga, G – greutatea vehiculului, h - înălțimea centrului de greutate, F_c – forța centrifugă a masei vehiculului, iar E – ecartamentul. Având în vedere legătura între masă şi greutate, şi ştiind că $F_c = (G/g) \cdot W_r^2/R$, din rel. (3.62), pentru condiția $Z_s = 0$ se deduce:

$$W_r = \sqrt{R \cdot g \frac{\frac{E}{2h} + tg\beta^*}{1 - \frac{E}{2h}tg\beta^*}}\,[m/s] = 11{,}3\sqrt{R\frac{\frac{E}{2h} + tg\beta^*}{1 - \frac{E}{2h}tg\beta^*}}\,[km/h] \qquad (3.63)$$

în care W_r reprezintă viteza de la care începe răsturnarea, iar R este raza traiectoriei vehiculului.

Dacă drumul nu are înclinație transversală (β* = 0) atunci:

$$W_r = 11{,}3\sqrt{\frac{RE}{2h}} \quad [km/h] \qquad (3.64)$$

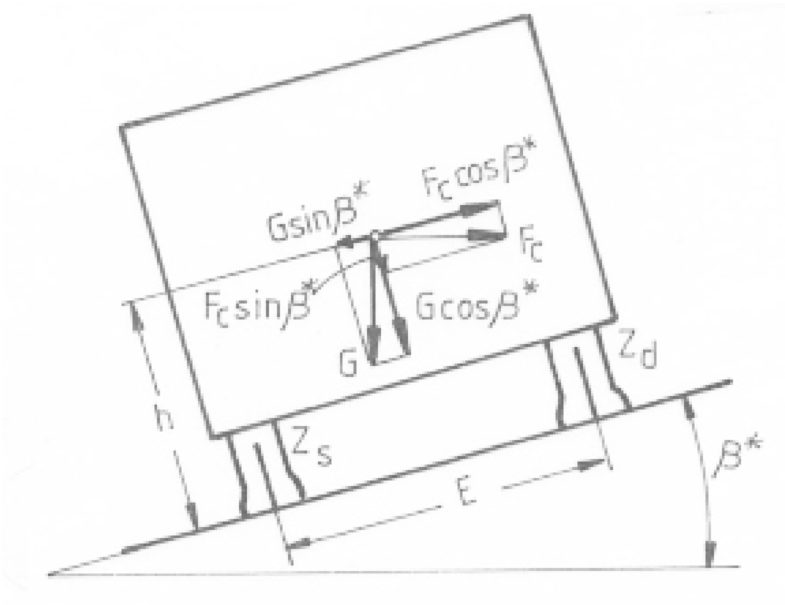


Fig.21. Schemă pentru determinarea vitezei de răsturnare în curbă la vehiculele rigide.

Viteza la care se produce răsturnarea este în realitate mai mică decât cea determinată cu rel. (3.63) sau (3.64) şi asta pentru că nu s-au luat în considerație elasticitățile suspensiei şi anvelopelor. Din cauza lor, centrul de greutate (fig. 22) se deplasează către exteriorul curbei, iar greutatea masei suspendate G_e generează în plus un moment destabilizator.

In acest caz ecuația de echilibru este:

$$M_e \cdot h_e \cdot a_t + M_r \cdot h_r \cdot a_t = M \cdot r \cdot g \cdot \frac{E}{2} + M_e \cdot g \cdot \left[\frac{E}{2} - h_e \cdot \theta\right] \qquad (3.65)$$

$$\theta = \xi + \upsilon \qquad (3.66)$$

în care mărimile componente au următoarele semnificații:

- ξ (în radiani) este unghiul cu care se înclină masa suspendată în raport cu axa roților;
- υ (în radiani) este unghiul înclinației axei roților în raport cu drumul;
- M_e, G_e sunt masa, respectiv greutatea suspendată ;
- M_r, G_r reprezintă masa, respectiv greutatea ansamblului rigid;
- a_t este accelerația centripetă în curbă ;
- h și h_r sunt înălțimile centrelor de greutate ale masei suspendate și respectiv, masei rigide;
- A este centrul de rotație al masei suspendate, iar B – centrul de greutate al masei rigide;
- h_a reprezintă înălțimea punctului de oscilație A, iar $h_e = h - h_a$.

Unghiul θ poate fi calculat în funcție de rigiditatea **c** a suspensiei:

$$c = \frac{M_e \cdot h_e \cdot a_t + M_r \cdot h_r \cdot a_t}{\theta} \qquad (3.67)$$

Știind că $a_t = W_r^2/R$, prin înlocuirea rel. (3.67) în (3.65) se obține:

$$W_r = \sqrt{\frac{(M_r + M_e)\cdot \frac{E}{2}}{(M_e \cdot h + M_r \cdot h_r)\cdot \frac{c}{g} + M_e^2 \cdot h_e^2 + M_e \cdot M_r \cdot h_e \cdot h_r}} \qquad (3.68)$$

Dacă nu este cunoscut, coeficientul c se determină cu ușurință pe cale experimentală, fiind suficientă măsurarea unghiului de rotație în plan transversal al caroseriei sub acțiunea unui moment cu valoare cunoscută .

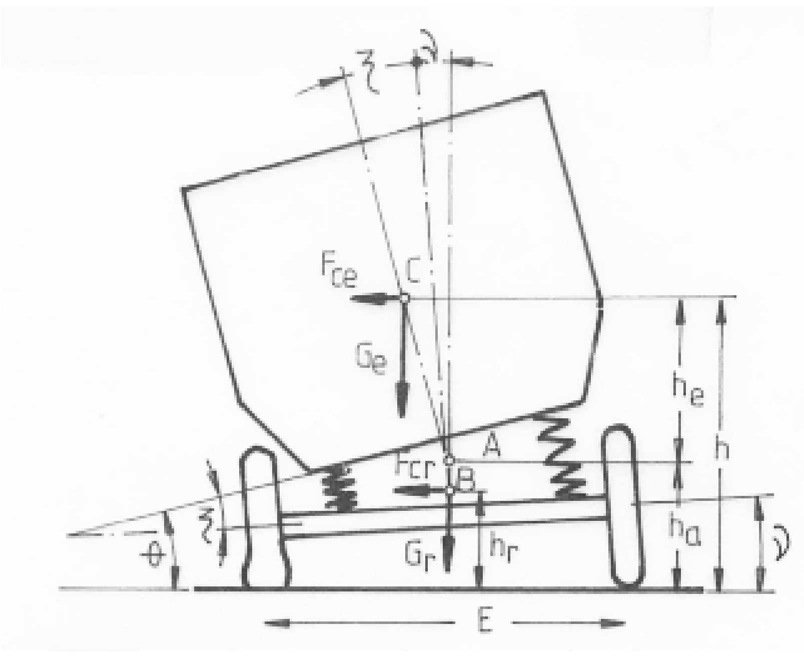


Fig.22. Schemă pentru determinarea vitezei de răsturnare în curbă cu luarea în considerație a influenței elasticității suspensiei și anvelopelor.

Procedând similar pentru un drum cu înclinație transversală , se deduce:

$$W_r = \sqrt{R\frac{M+N}{Q+T}} \tag{3.69}$$

în care:

$$M = G_e\left[h \cdot \sin\beta * + \left(\frac{E}{2} - h_e \cdot \theta\right)\cos\beta *\right]; \tag{3.70}$$

$$N = G_r\left(\frac{E}{2}\cos\beta * + h_r \cdot \sin\beta *\right); \tag{3.71}$$

$$Q = M_e\left[h \cdot \cos\beta * - \left(\frac{E}{2} - h_e \cdot \theta\right)\sin\beta *\right]; \tag{3.72}$$

$$T = M_r\left(h_r \cdot \cos\beta * - \frac{E}{2} \cdot \sin\beta *\right). \tag{3.73}$$

Pentru determinarea lui θ se utilizează rel. (3.67) şi în continuare se procedează similar ca şi la stabilirea rel. (3.68).

Autovehiculele care transportă lichide se răstoarnă mai uşor din cauza deplasării masei încărcăturii spre exteriorul curbei (când sunt încărcate parțial), ceea ce sporeşte momentul de răsturnare. In asemenea cazuri, viteza de răsturnare se calculează cu expresia:

$$W_r = \sqrt{R\left\{\frac{G_e\left(\frac{E}{2} - h_e \cdot \theta\right) + G_r \cdot \frac{E}{2} + G_f\left[\frac{E}{2} - \left(L + h_l \cdot \theta\right)\right]}{M_e \cdot h + M_r \cdot h_r + M_f \cdot h_f}\right\}} \tag{3.74}$$

în care, G_f şi M_f sunt greutatea şi masa fluidului, h_f - înălțimea centrului de greutate al masei de fluid, h_l – distanța dintre centrul de greutate al masei fluidului şi centrul de oscilație al masei suspendate, iar L – deplasarea orizontală a centrului de greutate al masei lichidului.

Intre accelerația laterală a_t, distanța L şi gradul de umplere s-au stabilit experimental diverse dependențe; de pildă , pentru o autocisternă de 36 t în [2] se indică relația:

$$L = (300...900)\sqrt{\frac{a_t}{g}} \tag{3.75}$$

aplicată pentru grade de umplere cuprinse între 70% şi 20%.

Derapajul începe când forța centrifugă se egalizează cu reacțiunea transversală a anvelopelor; această condiție se exprimă , pentru un drum cu înclinație transversală (fig.21) prin ecuația de echilibru:

$$F_c \cdot \cos\beta * - G \cdot \sin\beta * = \varphi_t \cdot \left(F_c \cdot \sin\beta * - G \cdot \cos\beta *\right) \tag{3.76}$$

Prin înlocuirea expresiei forței centrifuge:

$$F_c = \frac{G}{g} \cdot \frac{W_d^2}{R},$$

în care W_d este viteza la care începe derapajul şi R raza curbei, se obţine:

$$W_d = \sqrt{R \cdot g \frac{\varphi_t + tg\beta *}{1 - \varphi_t \cdot tg\beta *}} \, [m/s] = 11{,}3\sqrt{R \frac{\varphi_t + tg\beta *}{1 - \varphi_t \cdot tg\beta *}} \, [km/h] \qquad (3.77)$$

Dacă drumul nu are înclinaţie transversală ,

$$W_d = 11{,}3\sqrt{R \cdot \varphi_t} \qquad (3.78)$$

Coeficientul de aderenţă transversală φ_t depinde de starea drumului şi poate influenţa răsturnarea. Este de dorit, din punct de vedere al siguranţei circulaţiei, ca pierderea stabilităţii transversale să fie provocată de derapaj şi în nici un caz de răsturnare, ceea ce nu este posibil. Această condiţie impune:

$$W_r > W_d$$

care după înlocuirea în rel. (3.63) şi (3.77) devine:

$$\frac{E}{2h} > \varphi_t \qquad (3.79)$$

După cum se observă este posibil ca acelaşi vehicul, deplasându-se în condiţii similare în curbă, să se răstoarne dacă φ_t este mare (drum uscat) sau să derapeze când φ_t scade.

Răsturnarea se poate produce dacă derapajul, cu o viteză transversală W_t (fig.23) este împiedicat de un obstacol fix de pe calea de rulare (bordură , denivelare, etc.). Viteza W_t la care se produce răsturnarea se determină din bilanţul energetic: energia cinetică a vehiculului trebuie să permită înălţarea centrului de greutate până în poziţia de echilibru instabil. Ecuaţia de bilanţ se exprimă prin:

$$\frac{J_l \cdot \omega^{*2}}{2} = G\left[\sqrt{\left(\frac{E}{2}\right)^2 + h^2} - h\right] \qquad (3.80)$$

în care J_l reprezintă momentul masei de inerţie al vehiculului în raport cu axa longitudinală care trece prin centrul în jurul căruia se produce răsturnarea, ω^* este viteza unghiulară a răsturnării, G este greutatea vehiculului iar ceilalţi termeni au semnificaţii deja cunoscute.

Momentul J_l poate fi exprimat, cu ajutorul teoremei lui Steiner, în funcţie de momentul masic J_c definit în raport cu axa longitudinală care conţine centrul de greutate:

$$J_l - J_c + \frac{G}{g} \cdot \left[\left(\frac{E}{2}\right)^2 + h^2\right] \qquad (3.81)$$

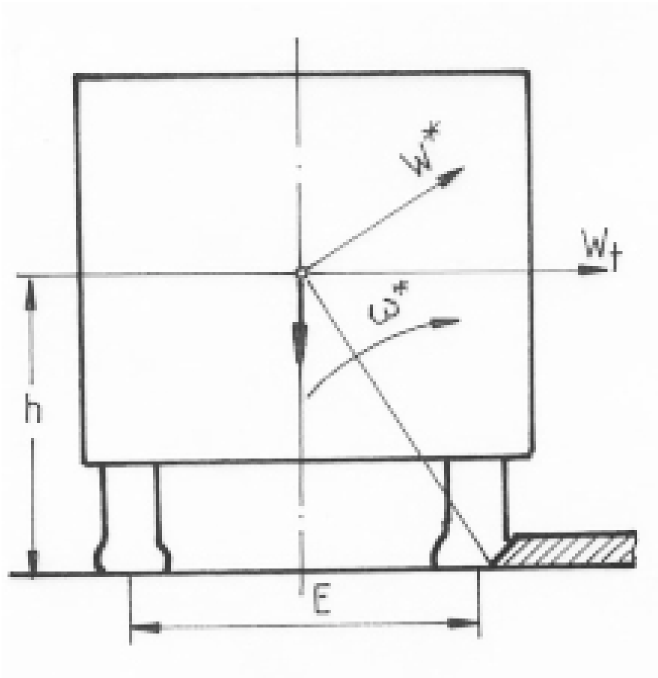


Fig. 23 Schemă pentru determinarea condițiilor de răsturnare în derapaj

După înlocuirea în rel. (3.80) se obține:

$$\omega^* = \sqrt{\frac{2G\left[\sqrt{\left(\frac{E}{2}\right)^2 + h^2} - h\right]}{J_c + \frac{G}{g}\left[\left(\frac{E}{2}\right)^2 + h^2\right]}} \tag{3.82}$$

Viteza W_t se poate determina din ecuația conservării momentului cantității de mişcare (impulsului):

$$h \cdot \frac{G}{g} \cdot W_t = J_{l} \cdot \omega^* \tag{3.83}$$

Prin introducerea în rel. (3.82) se obține:

$$W_t = \sqrt{\frac{2g^2}{h^2 G}\left\{J_c + \frac{G}{g}\left[\left(\frac{E}{2}\right)^2 + h^2\right]\right\} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{E}{2}\right)^2 + h^2} - h\right]} \tag{3.84}$$

3.4.3. Adaptarea vitezei în funcție de aderența drumului.

Prin carosabil alunecos se înțelege acea stare a sa determinată de o reducere a coeficienților de aderență φ sau de patinare φ_b în raport cu valorile corespunzătoare drumului uscat.

Adaptarea vitezei în funcție de aderență trebuie privită prin prisma evitării unui posibil accident prin frânare energică . Sub acest aspect viteza de deplasare trebuie să permită, indiferent de starea carosabilului, oprirea prin frânare energică pe aceeaşi distanță la care este posibilă oprirea pe o categorie similară de drum, dar în stare uscată .

Expertiza tehnică a unor accidente datorate neadaptării vitezei la aderență poate fi confruntată în principiu cu două aspecte:

a – pe drumul pe care s-a produs accidentul viteza este limitată prin indicatoare rutiere sau ca urmare a deplasării prin localități;

b – din calcul rezultă o anumită valoare a vitezei care permite evitarea accidentului prin frânare energică pe drum uscat.

In ambele situații se poate deci considera o viteză W pe care şoferul avea obligația legală să nu o depăşească în condițiile drumului uscat. Dacă φ şi φ_b reprezintă valorile coeficienților de aderență şi de patinare pe drumul uscat, distanța totală S_a de oprire prin frânare energică se determină cu expresia:

$$\frac{W}{3{,}6}\cdot t_r+\frac{W^2-(W-1{,}8\cdot t_i\cdot\varphi\cdot g)^2}{127{,}1\cdot\varphi}+\frac{(W-1{,}8\cdot t_i\cdot\varphi\cdot g)^2}{254{,}2\cdot\varphi_b}=S_a \qquad (3.85)$$

în care t_r reprezintă timpul de reacție al şoferului şi t_i – timpul necesar atingerii decelerației maxime.

Dacă φ* şi φ_b* sunt valorile coeficienților de aderență şi de patinare pentru drumul alunecos, viteza W* adaptată la aceste noi condiții rezultă din ecuația:

$$\frac{W^*}{3{,}6}\cdot t_r+\frac{W^{*2}-(W-1{,}8\cdot t_i\cdot\varphi^*\cdot g)^2}{127{,}1\cdot\varphi^*}+\frac{(W-1{,}8\cdot t_i\cdot\varphi^*\cdot g)^2}{254{,}2\cdot\varphi_b^*}=S_a \qquad (3.86)$$

a cărei soluție este:

$$W^*=0{,}5\left(\sqrt{A^2+4B}-A\right) \qquad (3.87)$$

în care
$$A=70{,}611\cdot\varphi_b^*\cdot t_r+70{,}632\cdot t_i\cdot\varphi^*\cdot\varphi_b^*-35{,}316\cdot t_i\cdot\varphi^* \qquad (3.88)$$

$$B=254{,}2\cdot\varphi_b\cdot S_a+623{,}608\cdot t_i^2\cdot\varphi^*\cdot\varphi_b^*-311{,}804\cdot t_i^2\cdot\varphi^{*2} \qquad (3.89)$$

Pentru instalațiile de frânare cu ABS, φ_b şi φ_b^* se înlocuiesc cu valorile lui φ şi respectiv φ*.

In continuare se prezintă un exemplu în legătură cu adaptarea vitezei unui vehicul care se deplasează într-o localitate cu viteza limitată la valoarea W = 50 km/h, în condițiile parcurgerii unui drum orizontal în linie dreaptă , cu îmbrăcăminte asfaltică acoperit cu zăpadă bătătorită . Conform tab. 3.2, φ = 0,7; φ_b = 0,6; φ*= 0,3 şi φ_b^* = 0,2.

Dacă t_r = 1 s şi t_i = 0,2 s, cu rel. (3.85) se calculează S_a:

$$S_a=\frac{50}{3{,}6}\cdot 1+\frac{50^2-(50-1{,}8\cdot 0{,}2\cdot 0{,}7\cdot 9{,}81)^2}{127{,}1\cdot 0{,}7}+\frac{(50-1{,}8\cdot 0{,}2\cdot 0{,}7\cdot 9{,}81)^2}{254{,}2\cdot 0{,}6}=31{,}40m$$

Cu rel. (3.88) şi (3.89) se determină :

$$A=70{,}611\cdot 0{,}2\cdot 1+70{,}632\cdot 0{,}2\cdot 0{,}3\cdot 0{,}2-35{,}316\cdot 0{,}2\cdot 0{,}3=12{,}850$$

$$B=254{,}2\cdot 0{,}2\cdot 31{,}40+623{,}608\cdot 0{,}2^2\cdot 0{,}2\cdot 0{,}3-311{,}804\cdot 0{,}2^2\cdot 0{,}3^2=1596{,}75$$

Viteza W* care trebuie adaptată reiese din rel. (3.87):

$$W^* = 0,5\left(\sqrt{12,850^2 + 4 \cdot 1596,75} - 12,850\right) = 34,04 \quad km/h.$$

3.4.4. Adaptarea vitezei la apropierea de trecerile de pietoni sau de grupuri şi coloane.

La apropierea de o trecere de pietoni conducătorul auto trebuie să sesizeze dacă în acel moment pe marcaj există sau urmează să intre persoane care intenționează să traverseze drumul. Dacă sunt asemenea persoane, şoferul trebuie să adapteze viteza în funcție de distanța S_a dintre vehicul şi pieton (fig. 24), viteza W_p a pietonului şi distanța S_p dintre pieton şi aliniamentul pe care se deplasează cea mai apropiată parte laterală a caroseriei când vehiculul se află la distanța S_a.

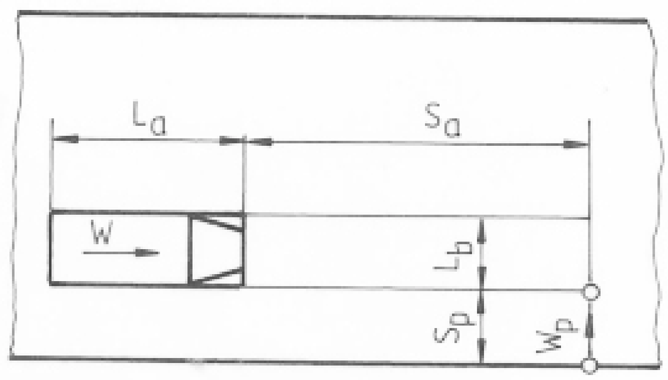


Fig.24. Schemă pentru determinarea vitezei de siguranță în apropierea trecerilor de pietoni.

Astfel, reglajul vitezei din partea şoferului necesită o judecată mult mai complexă , deoarece trebuie luați în considerație minim 3 factori; la reuşita acestei operațiuni participă şi pietonul prin coordonarea mişcării în raport cu reacțiile proprii de adaptare. In fine, nu trebuie omisă nici experiența ambilor participanți la trafic, care este în final un factor generator de civilizație.

In practică se constată că deplasarea unui vehicul în apropierea unei treceri de pietoni decurge în conformitate cu una din variantele:

a - conducă torul auto nu modifică viteza întrucât consideră că ea este suficient de mare ca vehiculul să treacă prin fața pietonului fără să -l atingă ;

b - conducătorul auto nu modifică viteza deoarece consideră că ea este suficient de mică ca pietonul să treacă prin fața vehiculului;

c – conducătorul auto sesizează de la o distanță S_a că poate lovi pietonul şi în consecință frânează astfel ca persoana să aibă răgazul să treacă prin față fără a fi atinsă ;

d – şoferul, aflat într-una din situațiile anterioare sesizează un comportament nespecific, imprevizibil, al pietonului angajat în traversare, cum ar fi schimbarea bruscă a sensului mişcării, vitezei de traversare, oprirea pe parcursul traversării, etc. Lovirea persoanei poate fi evitată numai dacă viteza vehiculului este suficient de mică pentru ca să permită oprirea pe distanța

rămasă până la pieton în momentul în care acesta îşi face simțită oprirea.

Variantele menționate la punctele **a**, **b** şi **c** implică răspunderea totală a şoferului prin adaptarea vitezei de circulație şi asta în virtutea principiului precum că “Orice conducător de vehicul trebuie să aibă cunoştințele şi îndemânarea necesare conducerii şi să fie apt pentru aceasta din punct de vedere medical.” O asemenea prevedere se întâlneşte în orice cod rutier, iar la noi este stipulată în art. 9 din Decretul 328/1966 [18] .

Cazul **d** presupune un raționament mai complex din partea şoferului iar şansele de evitare a accidentului sunt mai mici; dacă şoferul ar adapta viteza şi în funcție de situațiile nespecifice prezentate la pct. **d**, vitezele de circulație în localități ar fi deosebit de mici, inacceptabile pentru fluența impusă de densitatea traficului actual.

La fiecare dintre situațiile menționate, se consideră că atunci când vehiculul circulă cu viteza W, el se află la o depă rtare S_a în raport cu pietonul, iar acesta se găseşte la rândul său la o distanță S_p față de aliniamentul părții laterale mai apropiate a caroseriei (fig.24) şi se deplasează cu viteza constantă W_p.

Pentru ca varianta a să fie posibilă , W trebuie să fie suficient de mare ca timpul t_a în care vehiculul străbate distanța $S_a + L_a$ (L_a fiind lungimea de gabarit a vehiculului) să fie mai mic decât timpul t_p în care pietonul parcurge distanța S_p, adică :

$$\frac{S_a + L_a}{W} < \frac{S_p}{W_p},$$

ceea ce impune ca
$$W \geq \frac{S_a + L_a}{S_p} \cdot W_p \tag{3.90}$$

Din contra, în cazul **b**, viteza W trebuie să fie suficient de mică pentru ca timpul în care vehiculul parcurge distanța S_a să fie mai mare decât timpul în care pietonul străbate distanța S_p + L_b (L_b fiind lățimea de gabarit a vehiculului), ceea ce înseamnă :

$$\frac{S_a}{W} \geq \frac{S_p + L_b}{W_p},$$

adică
$$W \leq \frac{S_a \cdot W_p}{S_p + L_b} \tag{3.91}$$

Deci, dacă la apropierea trecerii de pietoni se menține o aceeaşi viteză W, se poate considera că ea este adaptată dacă îndeplineşte condițiile:

$$\frac{S \ + L_a}{S_p} \cdot W_p \leq W \leq \frac{S_a \cdot W_p}{S_p + L_b} \tag{3.92}$$

In acest sens este sugestiv exemplul unui autoturism cu dimensiunile L_a = 4 m şi L_b = 1,6 m care circulă în apropierea unei treceri de pietoni şi când ajunge la o distanţă S_a = 20 m, conducătorul sesizează o persoană situată la S_p = 1,5 m angajată în traversarea drumului cu o viteză W_p = 5,7 km/h (1,58 m/s):

Conform rel. (3.92) se poate considera că viteza W a vehiculului este adaptată dacă îndeplineşte condiţia:

$$\frac{20+4}{1,5}\cdot 1,58 \le W \le \frac{20\cdot 1,58}{1,5+1,6},$$

adică $25,8\ m/s \le W \le 10,19\ m/s$ sau $\left(91\ m/s \le W \le 36,68\ m/s\right)$.

Varianta c este posibilă când suma timpului t_f corespunzător întârzierii frânării (din diverse motive) şi timpul necesar parcurgerii frânate a distanţei $S_a - W \cdot t_f$ este mai mare decât timpul în care pietonul străbate distanţa $S_p + L_b$. Dacă φ este coeficientul de frecare aderentă corespunzător unei anumite intensităţi (constante) de frânare, atunci vehiculul ar avea viteza W_0 când ar ajunge la aliniamentul pe care se deplasează pietonul:

$$W_0 = \sqrt{W^2 - 2\cdot\varphi\cdot g\cdot\left(S_a - W\cdot t_f\right)} \qquad (3.93)$$

Adaptarea vitezei conform procedeului din varianta **c** impune:

$$t_f + \frac{W - \sqrt{W^2 - 2\cdot\varphi\cdot g\cdot\left(S_a - W\cdot t_f\right)}}{\varphi\cdot g} \ge \frac{S_p + L_b}{W_p},$$

din care se deduce

$$W \le \frac{S_a\cdot W_p}{S_p + L_b} + \frac{1}{2}\cdot\frac{\left(S_p + L_b - W_p\cdot t_f\right)^2}{\left(S_p + L_b\right)\cdot W_p}\cdot\varphi\cdot g. \qquad (3.94)$$

Dacă s-ar lua în consideraţie exemplul prezentat anterior, ar rezulta că viteza W poate fi adaptată şi la valori cuprinse între limitele menţionate când se frânează . Admiţând o întârziere la frânare t_f = 0,3 secunde (şoferul se aşteaptă la un pericol) şi o frânare moderată cu φ = 0,4, din expresia (3.94) se deduce:

$$W \le \frac{20\cdot 1,58}{1,5+1,6} + \frac{1}{2}\cdot\frac{\left(1,5+1,6-0,3\cdot 1,58\right)^2}{\left(1,5+1,6\right)\cdot 1,58}\cdot 0,4\cdot 9,81$$

$$W \le 12,95\ [m/s] \quad \left(46,63\ [km/h]\right)$$

După cum se observă , încetinirea prin frânare permite adaptarea unei viteze mai mari, de 46,63 km/h, faţă de 36,68 km/h.

Se analizează în continuare şi varianta **d**, când pietonul s-ar opri pe mijlocul culoarului de înaintare a vehiculului. Admiţând că şoferul a procedat iniţial conform variantei **c**, în momentul opririi pietonului vehiculul ar avea viteza W* şi s-ar afla înaintea lui cu o distanţă S_a*:

$$W^* = W - \varphi \cdot g \cdot \frac{S_p + 0{,}5L_b}{W_p} = 12{,}95 - 0{,}4 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{1{,}5 + 0{,}5 \cdot 1{,}6}{1{,}58} = 7{,}23[m/s] = 26{,}05[km/h]$$

$$S_a^* = S_a - \frac{W^2 - W^{*2}}{2 \cdot \varphi \cdot g} = 20 - \frac{12{,}95^2 - 7{,}23^2}{2 \cdot 0{,}4 \cdot 9{,}81} = 5{,}29\ [m]$$

Viteza W_e necesară opririi pe distanța S_a^* se determină dintr-o ecuație similară cu (3.69), în condițiile $t_i = 0$, $\varphi = \varphi_b$ (vehiculul este deja frânat) şi $t_r = 0{,}5$ s (şoferul are piciorul pe pedala frânei şi se aşteaptă la un eventual pericol):

$$W_e^2 + 70{,}611 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot W_e - 254{,}2 \cdot 0{,}6 \cdot 5{,}29 = 0$$

După rezolvare se obține $W_e = 19{,}72\ km/h = 5{,}47\ m/s$.

Pentru a se ajunge la viteza W_e, vehiculul trebuia să se deplaseze când se afla la distanța S_a cu o viteză W_a:

$$W_a \sqrt{W_e^2 + 2(S_a - S_a^*) \cdot \varphi \cdot g} = \sqrt{5{,}47^2 + 2(20 - 5{,}29) \cdot 0{,}4 \cdot 9{,}81} = 12{,}05[m/s] = 43[km/h].$$

Rezultă că viteza adaptată pentru situații neprevăzute trebuie să fie cu cca. 8 % mai mică decât cea calculată în ideea comportamentului normal al pietonului.

Trecerea pe lângă grupuri de persoane poate fi asimilată cu deplasarea în apropierea marcajelor pietonale, cel puțin din două motive:

- în ambele cazuri, art. 48 din [18] prevede adaptarea vitezei în aşafel încât vehiculul să poată fi oprit înainte de a se produce vreun accident;
- din punct de vedere cinematic, desprinderea din coloană sau trecerea de pe trotuar pe carosabil pentru traversarea drumului sunt identice.

In consecință , la trecerea pe lângă coloane de persoane trebuie operate aceleaşi adaptări de viteze ca şi în apropierea marcajelor pietonale.

3.4.5. Adaptarea vitezei în funcție de oboseală, vârsta sau experiența conducătorului auto.

Experiența bogată în conducerea auto permite execuția reflexă a manevrelor de evitare a pericolelor, nemaifiind necesară perioada de judecată din componența timpului de reacție. Din contra, odată cu creşterea oboselii sau vârstei, timpul de reacție se prelungeşte cu valori care pot da naştere la accidente care ar putea fi evitate în condițiile “normale”.

Se notează cu t_r valoarea timpului de reacție a unui şofer cu vârsta de cca. 35 ani, odihnit şi cu o experiență medie. Cu această valoare se determină cu rel. (3.85) distanța totală de oprire S_a corespunzătoare vitezei maxime legale W, în condițiile drumului uscat, caracterizat prin φ şi φ_b. Când intervine oboseala, sau vârsta, timpul de reacție t_r^* corespunzător se alege conform indicațiilor de la pct. 1.2.3 şi 1.2.5, iar viteza adaptată W* se determină cu rel. (3.87), în care:

$$A = 70{,}611 \cdot \varphi_b \cdot t_r^* + 70{,}632 \cdot t_i \cdot \varphi \cdot \varphi_b - 35{,}316 \cdot t_i \cdot \varphi. \qquad (3.95)$$

$$B = 254{,}2 \cdot \varphi_b \cdot S_a + 623{,}608 \cdot t_i^2 \cdot \varphi \cdot \varphi_b - 311{,}804 \cdot t_i^2 \varphi^2 \qquad (3.96)$$

S-a calculat, de pildă , în cadrul pct. 3.4.3, că pe un drum asfaltat uscat, cu $\varphi = 0{,}7$ şi $\varphi_b = 0{,}6$, pentru o valoare normală $t_r = 1$ s, distanța de oprire S_a la viteza maximă legală în localitate W = 50 km/h este $S_a = 31{,}4$ m. In cazul oboselii avansate, $t_r^* = 1{,}6$; în urma aplicării rel.(3.95), (3.96) şi (3.92) rezultă :

$$A = 70{,}611 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}6 + 70{,}632 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}6 - 35{,}316 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}7 = 68{,}775$$

$$B = 254{,}2 \cdot 0{,}6 \cdot 31{,}4 + 623{,}608 \cdot 0{,}2^2 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}6 - 311{,}804 \cdot 0{,}2^2 \cdot 0{,}7^2 = 4793{,}493$$

$$W^* = 0{,}5\left(\sqrt{68{,}775^2 + 4 \cdot 4793{,}493} - 68{,}775\right) = 42{,}917\ [km/h].$$

Deci, o mărire a timpului de reacție cu 60% impune o reducere a vitezei cu cca. 14%.

4. Analiza posibilităților senzoriale de percepere a pericolelor de accident.

Conducerea auto este posibilă grație recepției particularităților mediului înconjurător şi a comportamentului autovehiculului cu ajutorul organelor de simț ale celui aflat la volan. Fiecare dintre simțuri poate să dețină rolul decisiv într-o anumită situație generatoare de accident şi de aceea se impune în acest sens o stare de sănătate deplină a şoferului. Dintre toate simțurile însă , cel mai solicitat este văzul, şi asta din cauza necesității localizării continui a autovehiculului în raport cu mediul şi cu ceilalți participanți la trafic. Păstrând acelaşi criteriu în continuare se expune ordinea celorlalte simțuri: auzul, simțul echilibrului şi mirosul.

Prin văz se percep formele care definesc diversele obstacole întâlnite în trafic, şi se însuşesc culorile, nuanțele acestora şi diferențele de strălucire a surselor de lumină sau a obiectelor iluminate.

Auzul serveşte perceperii zgomotelor care prin tăria sau frecvența lor pot să pună în evidență o eventuală deficiență tehnică pe parcursul mersului sau să atenționeze şoferul asupra producerii unui posibil impact cu o persoană sau cu un alt vehicul.

Simțul echilibrului permite aprecierea accelerațiilor şi decelerațiilor pe toate direcțiile, dintre care cele transversale trebuie percepute cu o sensibilitate crescută, întrucât prin intermediul lor poate fi controlat derapajul sau alte instabilități în deplasare.

Simțul mirosului, prin caracterul său preventiv, poate înlătura accidentele grave provocate de incendii cauzate de scurgeri de combustibili pe componentele fierbinți ale autovehiculului. De asemenea, poate atenționa şoferul asupra stării tehnice a saboților sau plăcuțelor de frânare ori asupra unor pericole de accident care pot să survină de la autovehiculele care circulă în față .

Organele de simț sunt ”implicate” în producerea unor accidente rutiere din două motive, şi anume:

- nu pot să perceapă informația din cauza nivelului redus al semnalului receptat;
- perceperea este blocată din cauza nivelului ridicat al semnalului receptat.

Sensibilitatea organelor de simț la stimulii care sunt caracteristici unor situații limită, favorabile accidentelor rutiere, este dificil de cuantificat cel puțin din două motive. In primul rând trebuie menționat că sunt necesare măsurători ale unor stări fiziologice cu o exprimare delicată prin mărimi fizice. In fine, aprecierea stărilor fiziologice depinde de structura organismului uman, cu diferențe suficient de mari de la individ la individ. Chiar dacă totuşi au fost elaborate metodologii sigure de determinare a influențelor posibilităților şi nivelurilor de receptare asupra producerii accidentelor, ele au fost preluate deocamdată în legislația câtorva țări dezvoltate şi asta din cauza aparaturii scumpe şi a calificării înalte a personalului care trebuie să o manevreze în condițiile de la locul faptei. In continuare se prezintă câteva din aceste metodologii şi principiile care stau la baza lor, considerând că în țara noastră există experți care posedă pregătirea profesională şi echipamentele necesare aplicațiilor în sfera accidentelor rutiere.

4.1. Posibilități de percepție pe cale vizuală .

Ochiul omenesc poate fi considerat ca un aparat optic în care imaginea se formează pe un “ecran” numit retină, după ce razele luminoase au pătruns prin iris şi au fost adunate şi concentrate prin cristalin similar ca printr-o lentilă . In componența retinei se află două tipuri de celule: celule conice şi celule-bastonaşe. Celulele conice au legătură directă cu creierul, asigură vederea color şi acuitatea vizuală. Ele prezintă cea mai mare sensibilitate la culoarea **verde** a luminii, adică la o lungime de undă de **0,555** μm. Spre deosebire de ele, celulele-bastonaşe sunt sensibile la lumina **albastră** (cu lungimea de undă **0,510** μm) şi nu percep culorile; în schimb, ele asigură vederea pe întuneric, adică aşa numita “vedere în contrast”.

Imaginea astfel formată pe retină este transmisă prin nervul optic la creier care o percepe ca pe o imagine interpretabilă. Durata dintre momentul receptării imaginii pe retină şi momentul formării imaginii interpretabile se numeşte “fază senzorială latentă de sensibilitate” şi durează în medie 0,1 secunde. De pildă, la o viteză de 60 km/h, imaginea interpretabilă se formează după ce vehiculul s-a depărtat cu 1,66 m de imaginea reală. Acest aspect se manifestă negativ, în sensul că vederea poate fi total compromisă, când peste imaginea de ansamblu se suprapune “stroboscopic” o sursă luminoasă cu perioada expusă. Se pot menționa în acest sens accidente cauzate de trecerea pe timp de noapte pe lângă o coloană de autovehicule care circulă din sens contrar cu luminile de întâlnire corect reglate, sau deplasarea pe o porțiune de drum pe partea

laterală a căreia sunt plantați pomi a căror coroană întrerup periodic razele solare îndreptate către conducătorul vehiculului.

In intervalele dintre noapte şi zi (răsărit şi apus) are loc trecerea de la vederea cu un tip de celule la vederea cu celălalt tip. Astfel, ochiul trebuie să treacă de la densități de lumină (străluciri) de 0,005 cd/m^2 la 15 cd/m^2; în acest caz, vederea se restabileşte treptat, pe măsura adaptării ochiului la noile condiții. De pildă, trecerea de la un mediu cu densitate de 8000 cd/m^2 la un mediu cu 0,1 cd/m^2, necesită un timp de adaptare de 4…5 secunde.

Statistic, rezultă că un procent mare din numărul de accidente grave se produc în primele minute înainte de "căderea nopții", ceea ce explică timpul insuficient avut la dispoziție pentru adaptarea la vederea nocturnă . Fenomene de adaptare insuficientă , generatoare de accidente, pot apare la intrarea, în timpul zilei, în pasaje rutiere iluminate insuficient. Pentru că diferența de densitate luminoasă este mai mare ziua decât noaptea, iluminarea pasajului pe timp de zi trebuie să fie mult mai intensă decât pe timp de noapte.

Posibilitățile de sesizare a unui obstacol pe întuneric se determină în condițiile adaptării ochiului la lumina din mediul înconjurător respectiv. In cazul circulației rutiere nu poate fi vorba de o asemenea adaptare şi prin urmare posibilitățile de sesizare vizuală se apreciază comparativ cu primul caz, prin introducerea unor factori de transformare.

4.1.1. Noțiuni fundamentale de optică fotometrică .

Mărimile fotometrice se apreciază după senzația luminoasă percepută de vederea omului. Astfel, senzația produsă de cantitatea de energie emisă în unitatea de timp este definită ca **flux luminos Φ**. Făcând analogie cu alte surse energetice, fluxul luminos are dimensiunile puterii. In sistemul S_I, unitatea de măsură pentru fluxul luminos este **lumenul [lm]**, care pentru lungimea de undă λ = 0,555 µm, are corespondența:

$$1\, lm = 0{,}00155\, [Watt] \tag{3.97}$$

Intensitatea luminoasă I a unei surse punctiforme care luminează uniform în jurul ei reprezintă fluxul luminos emis de acea sursă în interiorul unui unghi spațial Ω egal cu un steradian , adică :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \tag{3.98}$$

Dacă unghiul spațial Ω cu vârful în centrul unei sfere cu raza R, delimitează prin intersecție cu aceasta o suprafață cu aria A, atunci valoarea lui în steradiani este dată de raportul:

$$\Omega = \frac{A}{R^2} \tag{3.99}$$

Unitatea de intensitate definită prin raportul între un flux de 1 lm şi un unghi de 1 str, poartă

denumirea de **candelă [cd]** :

$$1cd = \frac{1lm}{1str} \qquad (3.100)$$

Ulterior, candela s-a definit prin 1/600000 din intensitatea luminoasă pe care o prezintă în direcţie normală suprafaţa de un metru pătrat a unui corp negru aflat la temperatura de solidificare a platinei (1773,5ºC).

Dacă suprafaţa primeşte lumină , prin **Iluminarea E** se înţelege fluxul luminos care se distribuie uniform pe unitatea de suprafaţă S:

$$E = \frac{\Phi}{S} \qquad (3.101)$$

Când suprafaţa emite lumină , acelaşi raport definit prin rel. (3.101) se numeşte **Radianţă** .

Drept unitate de iluminare se onsideră **luxul [lx]**, definit prin fluxul de 1 lm raportat la o suprafaţă de 1 m^2.

Intre intensitatea luminoasă şi iluminare există legătura:

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos i \; [lx] \qquad (3.102)$$

în care d reprezintă distanţa (fig.25) dintre sursa luminoasă şi suprafaţa iluminată, iar i – unghiul de incidenţă al razelor luminoase.

Valorile obişnuite ale iluminării în mediile în care îşi desfăşoară omul activităţile curente sunt date în tab. 3.9.

Strălucirea B (sau densitatea de lumină) se exprimă prin raportul intensităţii luminoase la produsul între suprafaţa iluminată şi cosinusul unghiului de incidenţă .

$$B = \frac{I}{S \cdot \cos i} \quad [cd/m^2] \qquad (3.103)$$

$$B = \frac{\Phi}{\Omega \cdot S \cdot \cos i} = \frac{E}{\Omega \cdot \cos i} \qquad (3.104)$$

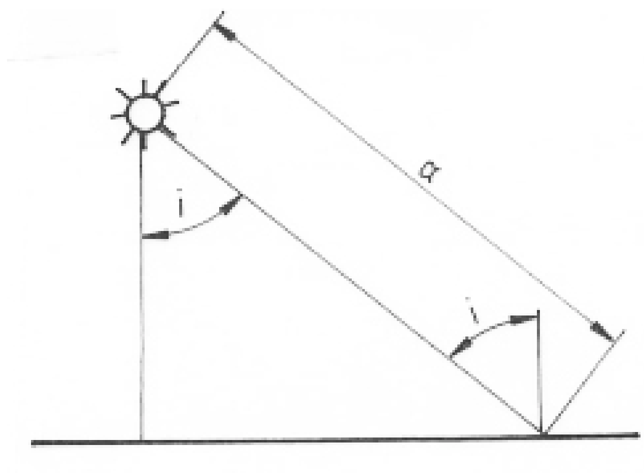


Fig.25 Schemă pentru calculul iluminării în funcţie de distanţă

Tabelul 3.9 Valorile obişnuite ale iluminării unor medii diverse.

Zona de măsură	Iluminarea E [lx]
Loc deschis, zi însorită, în iunie, ora 12.	10^5
Idem, în luna martie, ora 12.	$6 \cdot 10^4$
Idem, în luna ianuarie, ora 9.	10^4
Loc deschis, ziua, cer noros.	10^3
In laboratoare şi pe mese chirurgicale.	4000…8000
In lociunțe iluminate intens.	250…4000
Necesar pentru muncă .	100
Suprafețe înverzite, în bătaia directă a razelor solare.	100
Necesar pentru citit.	30
Subiecte situate în umbra copacilor.	10
Suprafața străzii în bătaia directă a lămpilor iluminatului public.	1
Suprafața pământului în nopți cu lună plină .	0,2

Stră lucirea (densitatea luminoasă) se măsoară în cd/m^2; totodată se mai utilizează frecvent cu **stilbul** [sb], care reprezintă o strălucire de 1 cd/cm^2, adică :

$$1\,[sb] = 10^4\,\left[cd/m^2\right]. \qquad (3.105)$$

După cum se poate deduce, strălucirea (densitatea luminoasă) definită cu rel. (3.103) se referă la izvoarele luminoase. Pentru exemplificare, în tab. 3.10 se prezintă strălucirile obişnuite a câtorva izvoare întâlnite frecvent în practica conducerii auto.

Rel. (3.104) permite definirea strălucirii obiectelor care reflectă lumina primită de la izvoarele menționate. Pentru suprafețele care reflectă lumina se foloseşte ca unitate de măsură a strălucirii şi **apostilbul (asb)**; conform rel. (3.104), apostilbul reprezintă strălucirea unei suprafețe ideal albe, a cărei iluminare este de 1 lx. Rel. (3.104), în care B se măsoară în [asb] este valabilă atât timp cât se consideră că suprafața este ideal albă , adică are un grad de difuzie q = 1. Altfel spus, dacă suprafața care reflectă lumina este considerată drept izvor de lumină , rel. (3.104) trebuie corectată cu coeficientul de difuzie q:

$$B = \frac{q \cdot E}{\Omega \cdot \cos i} \quad [asb], \qquad (3.106)$$

E fiind iluminarea primită .

Intucât 1 strd = 3,14 şi iluminarea unei suprafețe care reflectă 1 lx este percepută printr-o strălucire de 1 asb, reiese că :

$$1[asb] = \frac{1}{3,14} \quad [cd/m^2] \qquad (3.107)$$

De pildă, luminile de întâlnire ale unui autovehicul generează pe o suprafață S de pe carosabil o iluminare E = 30 lx măsurată cu un luxmetru amplasat în fața farurilor, la nivelul carosabilului. Admițând un coeficient de difuzie q = 0,18 al îmbrăcămintei drumului, rezultă :

$$B_f = 0,18 \cdot 30 = 5,4\ [asb] = 1,73\ [cd/m^2]$$

In localități, iluminatul public se dimensionează astfel încât strălucirea carosabilului să atingă valori medii B_l = 2 cd/m^2. Deoarece $B_f < B_l$, se explică de ce nu este sesizabilă de către şofer aprinderea sau stingerea luminilor de întâlnire.

Tabelul 3.10 Strălucirea diferitelor izvoare de lumină .

Izvorul de lumină .	Strălucirea B [sb]
Soarele la amiază , prin atmosferă .	$1,47 \cdot 10^5$
Soarele la orizont.	600
Arc electric sau cărbuni puri.	8500…18000
Bec cu filament de Wolfram în vid.	150…200
Becuri speciale cu filament de Wolfram.	2000…9700
Bec cu filament de Wolfram cu gaze.	200…1500
Lampă cu neon.	15000…65000
Lampă cu mercur cu presiune înaltă .	140…800
Lampă cu mercur cu presiune joasă .	2
Tub luminescent.	0,2…0,4
Cer senin.	0,3…1
Nori albi cu soare pe cer.	1
Cer acoperit.	0,05…0,3
Lampă cu petrol.	0,6…14
Flacără acetilenă .	11…15
Suprafață albă sub razele directe solare.	3
Suprafață albă cu 30 [lx] .	10^{-3}
Lămpi stop-frână la autovehicule.	$(2,5…3) \cdot 10^{-1}$
Lămpi de poziție la autovehicule.	10^{-2}
Lumina spate la o bicicletă .	$5 \cdot 10^{-4}$

Imbrăcămintea unui drum în stare uscată are un coeficient de difuzie mare care generează o densitate a luminii mai mare şi mai uniformă decât aceeaşi îmbrăcăminte dar, în stare umedă . Intrucât în calculele destinate aprecierii posibilităților de vizibilitate intervine nivelul difuziei, se prezintă în continuare (tab. 3.11) valorile coeficienților de difuzie pentru diferite suprafețe şi culoriale acestora [4] .

Tabelul 3.11 Valorile coeficienților de difuzie a luminii pentru diverse suprafețe şi culori.

Culoarea materialului.	Coeficienții q.	Materialul şi culoarea suprafeței.	Coeficienții q.
Galben.	0,4…0,6	Zidărie cu cărămidă roşie.	0,15…0,3
Verde.	0,15…0,55	Zidărie cu cărămidă galbenă .	0,3…0,45
Albastru.	0,1…0,5	Zidărie cu piatră de carieră .	0,5…0,55
Roşu.	0,1…0,5	Suprafețe luminoase închise.	0,1…0,2
Maron.	0,1…0,4	Suprafețe luminoase potrivite.	0,2…0,4
Gri.	0,15…0,6	Suprafețe luminoase deschise.	0,4…0,5
Negru.	0,05…0,1	Soluri închise.	0,1…0,15
Alb.	0,7…0,75	Soluri potrivite.	0,15…0,25
Nuanț e de alb.	0,6…0,65	Soluri deschise.	0,25…0,4

Dacă starea reală a suprafețelor care interesează nu poate fi apreciată prin valori preluate din tab. 3.11, coeficientul q trebuie determinat experimental, metodologia fiind relativ simplă .

4.1.2. Limite de vizibilitate în condiții de întuneric.

In principiu, vizibilitatea unei suprafețe depinde de mărimea ei, de nivelul iluminării ei şi de gradul de iluminare a mediului în care se găseşte. In continuare se prezintă metoda de apreciere a limitelor de vizibilitate în conformitate cu standardul german DIN 5037 [4]. Vizibilitatea normală reprezintă distanța orizontală de la care, în timpul zilei şi în atmosferă uniform înnorată, sunt vizibile repere fixe cu grad scăzut de reflexie (copaci, liziere de pădure, antene, case, hornuri), al căror unghi de vizibilitate este de cel puțin 20 minute.

Unghiul de vizibilitate α reprezintă unghiul sub care se vede un obiect cu înălțimea h [m] aflat la o depărtare L [m] în raport cu obstacolul, şi se calculează cu relația:

$$\alpha = 60 \cdot arctg \frac{h}{L} \left[\min\right] \qquad (3.108)$$

în care arctg se măsoară în grade.

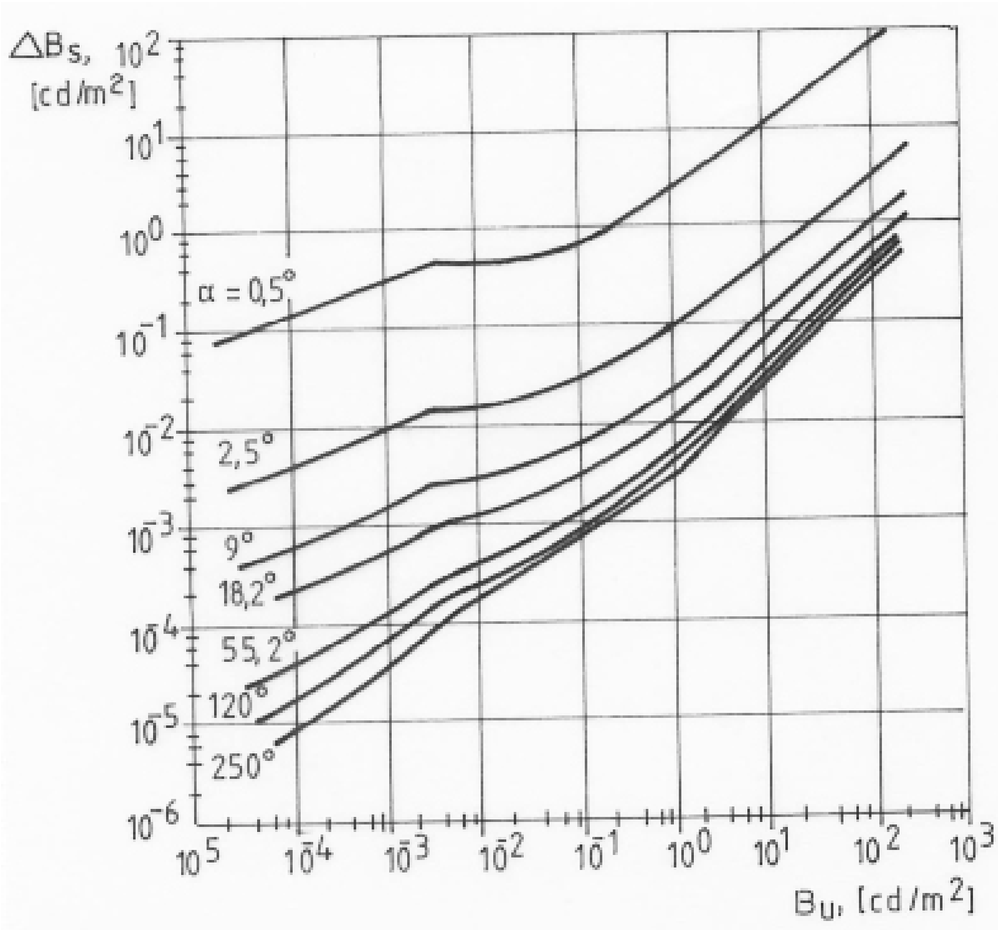


Fig.26. Curbele limitei de vizibilitate în lumină radiantă

Limitele de vizibilitate pentru un obiect aflat într-un mediu radiant (în care izvorul de lumină este perceput direct de observator) se prezintă în diagrama din fig.26, în funcție de unghiul de vizibilitate α, densitatea luminii B_u din mediul în care se află conducătorul auto şi contrastul ΔB_s sub care se vede respectivul obiect. Densitatea luminii B_u ia în considerație şi intensitatea luminii din interiorul autovehiculului, pe când contrastul luminos ΔB_s se referă numai la condițiile de iluminare din zona în care se găseşte obiectul. Astfel, ΔB_s se defineşte prin diferența:

$$\Delta B_s = B_o - B_m \quad \left[cd/m^2\right], \qquad (3.109)$$

în care B_o reprezintă strălucirea obiectului şi B_m – densitatea luminii din zona în care se află obiectul (sau strălucirea fundalului peste care se suprapune obiectul).

Diagrama din fig.26 reflectă condițiile întâlnite în localități cu iluminat public în funcțiune pe timp de noapte. In afara localităților sau chiar în interiorul lor, dar în lipsa iluminatului stradal, fondul luminos este rezultatul difuziei luminii receptate de la farurile autovehiculului propriu. In această situație, limita de vizibilitate se apreciază după diagrama din fig.27. La fel ca şi în cazul precedent, pentru densitatea luminii B_u se consideră şi intensitatea luminii din

interiorul autovehiculului propriu.

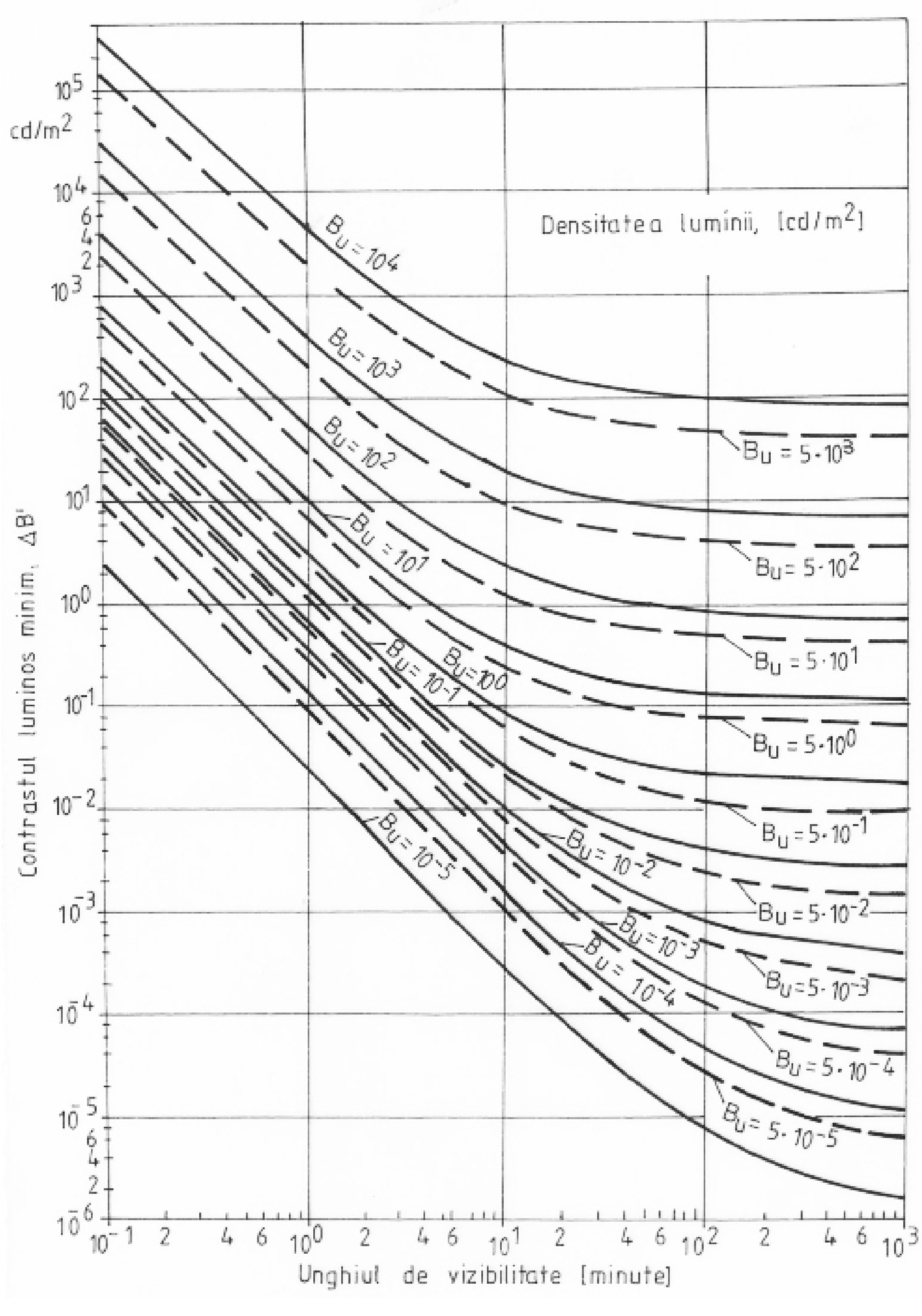


Fig.27. Curbele limitei de vizibilitate în lumină difuză .

Diagramele din fig.26 şi 27 au fost obținute prin investigarea unui număr mare de subiecți a căror vedere a fost acomodată în prealabil cu densitatea luminii din jurul zonei în care s-au executat măsurătorile fotometrice. Totodată trebuie precizat că informațiile din diagramele menționate s-au obținut în condiții de noapte, cu transparență bună a atmosferei, corespunzătoare unei vizibilități clare pe timp de zi (distanța de vizibilitate de cca. 20 km).

Contrastul luminos ΔB_s (sau $\Delta B'$ în lumină difuză) s-a apreciat în condiții de adaptare a ochiului; pentru condițiile circulației reale, contrastele rezultate din diagramele din fig. 26 şi 27 trebuie amplificate cu 4…12 [4] sau chiar cu 8…15 după alți autori.

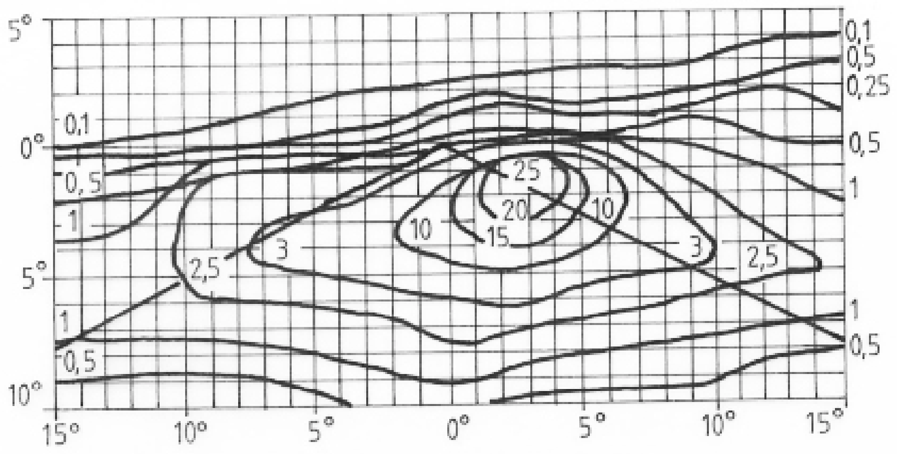


Fig.28 Curbele cu acelaşi nivel de iluminare (lx) impuse unui far cu lumină de întâlnire pentru a nu produce orbirea.

De pildă, un obiect perceput sub un unghi de 10 minute (fig. 27) poate fi sesizat vizual (după o adaptare prealabilă a vederii) dintr-un mediu cu densitatea luminii $B_u = 5$ cd/m^2 dacă posedă o strălucire $B_0 = 1$ cd/m^2 pe fundalul unei şosele cu densitatea $B_m = 0,7$ cd/m^2, adică dacă atinge un contrast de cel puțin $\Delta B' = 0,3$ cd/m^2. In condițiile reale de circulație, conform celor menționate, pentru ca şoferul să sesizeze acel obiect, ar trebui ca $\Delta B' = 0,3 \cdot 10 = 3$ cd/m^2.

Dacă strălucirea redusă a unui obiect împiedică sesizarea lui pe cale vizuală, strălucirea prea intensă provoacă "orbirea", adică face imposibilă percepția altor obiecte din jurul sursei cu densitate de lumină ridicată. Dacă strălucirea izvorului depăşeşte anumite valori, atunci pe retină se formează un voal de lumină care acoperă imaginea percepută prin cristalin, fenomen ce poartă denumirea de ebulisare.

Orbirea este cauzată de cele mai multe ori de reglarea defectuoasă a luminilor de întâlnire care constă în iluminarea unei zone cu mai mult de 1 lx. Pe de altă parte, zona care trebuie iluminată intens cuprinde toată lățimea de 7 m a unei străzi convenționale şi porțiunea cuprinsă la o depărtare între 25 m şi 50 m în fața autovehiculului.

Pe această suprafață se impune o iluminare de cel puțin 3 lx. Un reglaj corect al luminilor de întâlnire presupune obținerea, pe un ecran situat la 25 m de centrul focal al farului a unei distribuții de iluminare ca în fig. 28, unghiurile fiind măsurate în raport cu planele longitudinal şi orizontal care trec prin centrul focal. La nivelul suprafeței părții carosabile se impune iluminarea unei zone cu o formă ca în fig. 29, delimitată de o curbă închisă pe conturul căreia iluminarea are aceeaşi valoare, şi anume, de 1 lx. Pe ecranul aflat la o depărtare de 25 m de far, pe direcție verticală, în planul longitudinal, distribuția iluminării trebuie să satisfacă condițiile din fig. 30.

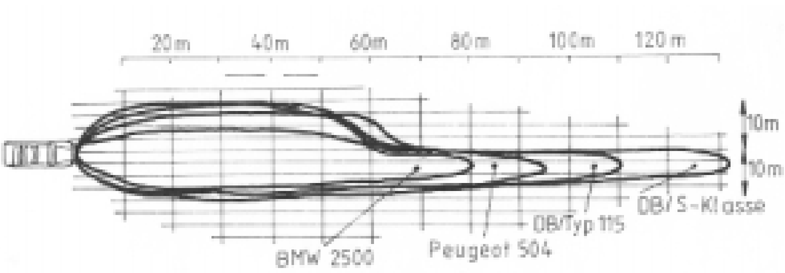


Fig. 29 Porțiunea de carosabil iluminată cu luminile de drum cu nivelul de iluminare mai mare de 1 lx..

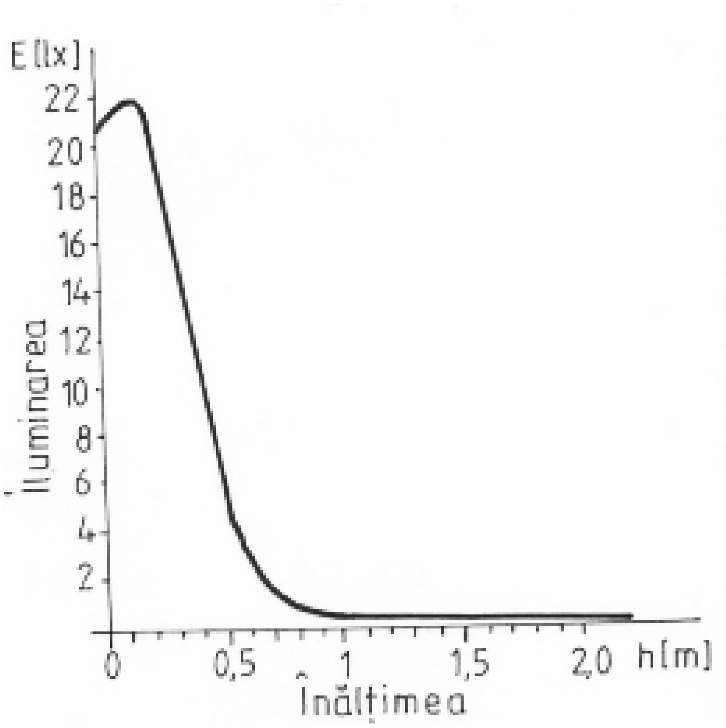


Fig.30 Distribuția iluminării pe verticală în planul longitudinal al farului, la o depărtare de 25 m.

4.1.3. Influențe asupra vizibilității.

Cele mai multe accidente cauzate de posibilitățile reduse de vizibilitate se produc în momentele de trecere de la zi la noapte (apus) şi de la noapte la zi (răsărit), când ochiul încă nu a reuşit să se adapteze la noile condiții de iluminare, iar contrastele luminoase sunt estompate.

Momentul trecerii de la zi la noapte şi invers se apreciază prin posibilitatea citirii fără iluminare artificială; acest moment corespunde din punct de vedere astronomic cu poziția de 6,5º a soarelui sub orizont, în condițiile cerului senin.

In aceleaşi condiții se consideră **întuneric aproape complet** când soarele se află la aproximativ 10º sub orizont, şi **întuneric absolut** când soarele se află la cel puțin 17,5º sub orizont.

Lungimea vizibilității se defineşte prin distanța S_0 de la care pot fi sesizate contururile unor repere fixe care nu reflectă lumina. O clasificare a stărilor de vizibilitate după distanță se prezintă în tab. 3.12.

Tabelul 3.12 Calitatea vizibilității în funcție de distanța de vizibilitate.

Distanț a de vizibilitate S_0 [m] .	Calitatea vizibilității.
Sub 50	Deosebit de slabă (ceața foarte densă).
50…200	Foarte slabă (ceață densă).
200…1000	Slabă (ceață uşoară, obişnuită)
1000…2000	Foarte redusă
2000…4000	Redusă
4000…10000	Medie
10000…20000	Bună
20000…50000	Foarte bună
Peste 50000	Perfectă

Asupra vizibilității influențează şi poziția pe care o are drumul în raport cu punctele cardinale. De pildă, luminozitatea cea mai mare o are cerul spre vest în perioada apusului şi spre est, în perioada ră să ritului. Astfel, obiectele situate pe un asemenea fundal vor avea conturul mult mai bine evidențiat.

Vizibilitatea în perioada apusului sau răsăritului este puternic influențată de contrast. Astfel, dacă cerul este senin, siluetele persoanelor cu îmbrăcă minte deschisă pot fi observate cu uşurință; în schimb, pietonii îmbrăcați în negru sunt foarte greu de sesizat chiar şi de la distanțe mici, de numai câțiva metri. Cele mai mari dificultăți de vizibilitate datorate contrastului slab apar cu 5 minute înainte de răsărit sau după apus.

Perioada de trecere de la zi la noapte sau invers se micşorează cu 3…5 minute în oraşe cu clădiri înalte, în apropierea lizierelor de păduri sau în vecinătatea unui lanț muntos; la trecerea

prin păduri, aceste reduceri ating 8…15 minute. Şi carosabilul umed provoacă reducerea perioadei de trecere de la zi la noapte cu 5…10 minute.

S-a constatat că însuşi faptul că vehiculul se deplasează produce reduceri sensibile, care se măresc odată cu viteza. De pildă, la o deplasare cu 40 km/h apare o reducere de cca. 3 minute, iar la o viteză de 80 km/h, reducerea este de aproximativ 5 minute.

Toate aspectele menționate induc dificultăți de percepție vizuală, şi trebuie luate în considerație când se analizează posibilitățile de vizibilitate determinate pe cale fotometrică .

4.1.4. Determinarea posibilităţ ilor reale de vizibilitate conform standardului DIN 5037.

Există accidente petrecute pe timp de noapte în care şoferii susțin că nu au văzut pietonii sau obstacolele cu care s-au ciocnit din cauza iluminării insuficiente a lor. Pentru a rezolva un asemenea obiectiv trebuie reconstituite cu o deosebită precizie condițiile de iluminare din timpul accidentului real, printre cele mai importante fiind:

- aceeaşi oră de producere a accidentului, în aceleaşi condiții de iluminare a mediului exterior (cer senin, noapte cu lună, aceeaşi intensitate a circulației vehiculelor cu lumini de întâlnire în funcțiune, etc.);
- aceleaşi condiții meteorologice şi atmosferice ca în momentul accidentului.
- pietonii implicați în accident sau înlocuitorii lor trebuie să fie îmbrăcați identic ca în timpul accidentului, sau să aducă hainele purtate în acel moment;
- obstacolele cu care au avut loc ciocniri (ziduri, obiecte, vehicule) nu trebuie curățate sau şterse în prealabil pentru a nu se modifica gradul lor de difuzie a luminii;
- distanța de la care se măsoară posibilitatea de vizibilitate va fi egală cu distanța calculată pentru care era posibilă evitarea accidentului prin frânare energică conform stării şi constituției carosabilului din momentul accidentului;
- dimensiunile pietonului sau obiectului care urmează să fie vizualizat trebuie să fie identice cu ale celor din momentul accidentului;
- sticla farurilor autovehiculului implicat trebuie să aibă aceeaşi transparență ca în momentul accidentului,
- în timpul măsurătorilor fotometrice obstacolele sau pietonii trebuie să se afle în aceleaşi poziții în raport cu marginile drumului, ca în momentul accidentului;
- pe timpul măsurătorilor vehiculul trebuie să aibă motorul pornit cu o turație similară celei din timpul accidentului şi să aibă în funcțiune aceeaşi receptori electrici (ventilatorul instalației de climatizare, ştergător parbriz, dezaburitor lunetă , etc.). De asemeni starea de încărcare

sub aspectul masei şi distribuției pe axe să fie similară ca în momentul accidentului.

In continuare se trece la măsurătorile fotometrice, care presupune în prealabil determinarea unghiului de vizibilitate α. Apoi se măsoară densitatea luminii B_u cu elementul optic sensibil amplasat în dreptul ochilor conducătorului auto. In final se determină strălucirea **B** a obstacolului sau îmbrăcămintei pietonului şi densitatea luminii B_f din mediul peste care se suprapune obstacolul sau pietonul, stabilindu-se astfel contrastul efectiv:

$$\Delta B = \left| B - B_f \right| \quad \left[cd / m^2 \right] \tag{3.110}$$

Având B_u şi α, dintr-una din diagramele din fig. 26 sau fig.27 se stabileşte ΔB_s (sau ΔB'). Gradul de probabilitate A al sesizării obstacolului sau pietonului se stabileşte cu expresia:

$$A = \frac{\Delta B - \Delta B_s}{\Delta B_s} \tag{3.111}$$

Admițând că în condiții reale (vedere neadaptată) $\Delta B > 10\Delta B_s$, rezultă că obstacolul sau obiectul era vizibil dacă $A \geq 9$.

Pentru exemplificare se prezintă cazul unui pieton, cu îmbrăcăminte de culoare închisă care din cauza stării de ebrietate a căzut pe carosabil şi a fost lovit apoi de un autoturism. Accidentul s-a produs pe un drum cu îmbrăcăminte asfaltică, în stare uscată, autoturismul deplasându-se cu o viteză de 80 km./h.

Distanța totală de oprire L la viteza de W = 80 km/h = 22,222 m/s este:

$$L = W \cdot t_r + \frac{W^2 - (W - 0{,}5 \cdot \varphi \cdot t_i \cdot g)^2}{\varphi \cdot g} + \frac{(W - 0{,}5 \cdot \varphi \cdot t_i \cdot g)^2}{2 \cdot \varphi_b \cdot g} = 22{,}22 \cdot 1 +$$
$$+ \frac{22{,}22^2 - (22{,}22 - 0{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}2 \cdot 9{,}81)^2}{0{,}7 \cdot 9{,}81} + \frac{(22{,}22 - 0{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}2 \cdot 9{,}81)^2}{2 \cdot 0{,}6 \cdot 9{,}81} =$$
$$= 65{,}98 \, [m]$$

Pietonul era culcat oblic pe drum, în direcția şoferului fiind sesizabilă o înălțime h = 1,25 m. Conform rel. (3.108):

$$\alpha = 60 \cdot arctg \frac{1{,}25}{65{,}98} = 65{,}12 \text{ min}.$$

La nivelul ochilor conducătorului auto s-a măsurat o densitate a luminii $B_u = 0{,}6$ cd/m^2; un obiect care se vede sub un unghi de 65,12 minute necesită pentru a fi perceput vizual, conform diagramei din fig. 27, un contrast luminos de cel puțin ΔB' = 0,3 cd/m^2.

Cu elementul sensibil al luxmetrului aşezat la nivelul carosabilului, la distanța de 65,9 m în raport cu autovehiculul care avea în funcțiune luminile de drum s-a măsurat o iluminare E = 14 lx. Conform datelor din tab. 3.11, se alege pentru îmbrăcămintea pietonului $q_p = 0{,}1$ şi pentru carosabil, $q_c = 0{,}4$. Se determină în continuare strălucirea B şi B_f cu rel. (3.106) şi (3.107), apoi

ΔB cu rel. (3.110):

$$B = q_p \cdot E = 0{,}1 \cdot 14 = 1{,}4\ [asb] = 0{,}44 [cd/m^2]$$
$$B_f = q_c \cdot E = 0{,}4 \cdot 14 = 5{,}6\ [asb] = 1{,}78\ [cd/m^2]$$
$$\Delta B = 1{,}78 - 0{,}44 = 1{,}34\ [cd/m^2]$$

In final prin aplicarea rel. (3.111) rezultă :

$$A = \frac{1{,}34 - 0{,}3}{0{,}3} = 3{,}46\,.$$

Intrucât A < 9, reiese că pietonul nu putea fi sesizat de către şofer.

4.2. Posibilităţi de percepţie pe cale auditivă .

Ca şi accidentele influenţate de percepţia vizuală şi cele legate de percepţia sonoră sunt dificil de sesizat din motive oarecum similare. In schimb, reconstituirea condiţiilor din timpul accidentului este mult mai anevoioasă, chiar imposibilă de multe ori, întrucât măsurătorile implică avarierea sau distrugerea vehiculului. Expertizarea posibilităţilor de percepţie acustice este necesară în următoarele situaţii:

- şoferul declară că nu a sesizat lovirea unui alt vehicul sau a unui pieton şi de aceea nu a oprit autovehiculul la locul accidentului;
- şoferul susţine că nu a sesizat auditiv pe parcursul rulajului manifestarea unei defecţiuni tehnice (slăbirea fixării unei roţi, desprinderea materialului de fricţiune de pe saboţii de frânare, etc.) care ulterior a provocat un accident;
- şoferul reclamă că nu a auzit semnalul sonor al autovehiculului poliţiei sau al unei treceri peste linia ferată şi de aceea nu a oprit regulamentar vehiculul;
- există dubii ca un pieton în vârstă angajat în trecerea drumului să fi auzit semnalele sonore ale unui vehicul aflat în circulaţie.

4.2.1. Noţ iuni fundamentale de audiometrie.

Vibraţia aerului provocat pe diverse căi se transmite timpanului urechii şi este recepţionată nervos sub formă de sunete (la oscilaţii sinusoidale cu frecvenţe constante) sau zgomote (combinaţii de sunete). Urechea percepe nivelul zgomotului prin presiunea acustică care acţionează asupra timpanului. In principiu, un zgomot este sesizabil numai dacă are o anumită tărie. Presiunea sonoră minimă care poate fi percepută de urechea umană este de 20 μPa; presiunile sonore de 10^9 μPa sunt greu suportabile, din cauza senzaţiilor dureroase care le provoacă . După cum se observă , domeniul presiunilor sonore sesizate de urechea umană este

deosebit de extins; de aceea, pentru măsurarea nivelului presiunii sonore se utilizează scara logaritmică, unitatea de măsură fiind decibelul [dB] . Nivelul presiunii se măsoară în raport cu presiunea minimă sesizabilă p_0 = 20 μPa, adică :

$$Z = 10\lg\frac{p^2}{p_0^2}\,[dB] \qquad (3.112)$$

în care p [μPa] reprezintă presiunea sonoră măsurată efectiv.

Limita minimă p_0 = 20 μPa poate fi percepută de persoanele tinere, cu vârsta de 18 ani. Deci, nivelul sonor minim perceptibil de către o asemenea persoană este:

$$Z_{18} = 10\lg\frac{20^2}{20^2} = 0\,[dB]$$

Pragul de audibilitate creşte odată cu vârsta [16], conform relației:

$$Z_y = \beta(Y-18)^2 + Z_{18}\,[dB] \qquad (3.113)$$

în care Y reprezintă vârsta persoanei în ani iar β [dB/an^2] este un coeficient care depinde de frecvența zgomotului şi sex (tab. 3.13). De pildă , pragul de audibilitate pentru o frecvență de 8000 Hz (aproximativ egală cu frecvența unui avertizor sonor auto), la un bătrân cu vârsta de 70 de ani, este:

$$Z_{70} = 0{,}022\cdot(70-18)^2 + 0 = 59{,}48\,[dB].$$

Tabelul 3. 13 Valorile coeficientului β pentru corecția pragului de audibilitate în funcție de vârstă .

Frecvența [Hz]	Coeficientul β [dB/an^2]	
	Bărbați	Femei
125	0,0030	0,0030
250	0,0030	0,0030
500	0,0035	0,0035
1000	0,0040	0,0040
1500	0,0055	0,0050
2000	0,0070	0,0060
3000	0,0115	0,0075
4000	0,0160	0,0090
6000	0,0180	0,0120
8000	0,0220	0,0150

Urechea umană poate percepe diferențe de nivele sonore începând de la 1 dB; o creştere cu 6 dB înseamnă dublarea presiunii sonore, aspect uşor sesizabil.

Omul este capabil să perceapă zgomote în cadrul unui spectru de frecvențe cuprins între 16 Hz şi 20000 Hz; pe măsura instalării bătrâneții, domeniul auditiv se restrânge.

Sensibilitatea auditivă depinde de frecvență , cea mai mare fiind între limitele a 2 KHz şi 5 KHz. Tăria zgomotului perceput de ureche se măsoară în **foni**. Fonul se defineşte similar ca şi decibelul, dar se referă numai la frecvența sunetului de 1 KHz. Sensibilitatea urechii în funcție de frecvență poate fi dedusă din fig. 31. De pildă , un sunet cu frecvență de 80 Hz şi nivelul sonor de 40 dB este perceput de ureche cu aceeaşi tărie ca un sunet cu nivelul sonor de 20 dB (foni) cu frecvența de 1 KHz.

Aparatele de măsură a nivelului sonor (sonometre) pot reda nivelul sonor efectiv, conform cu rel. (3.112), dar şi corelat cu modul perceperii sunetului de către urechea umană.

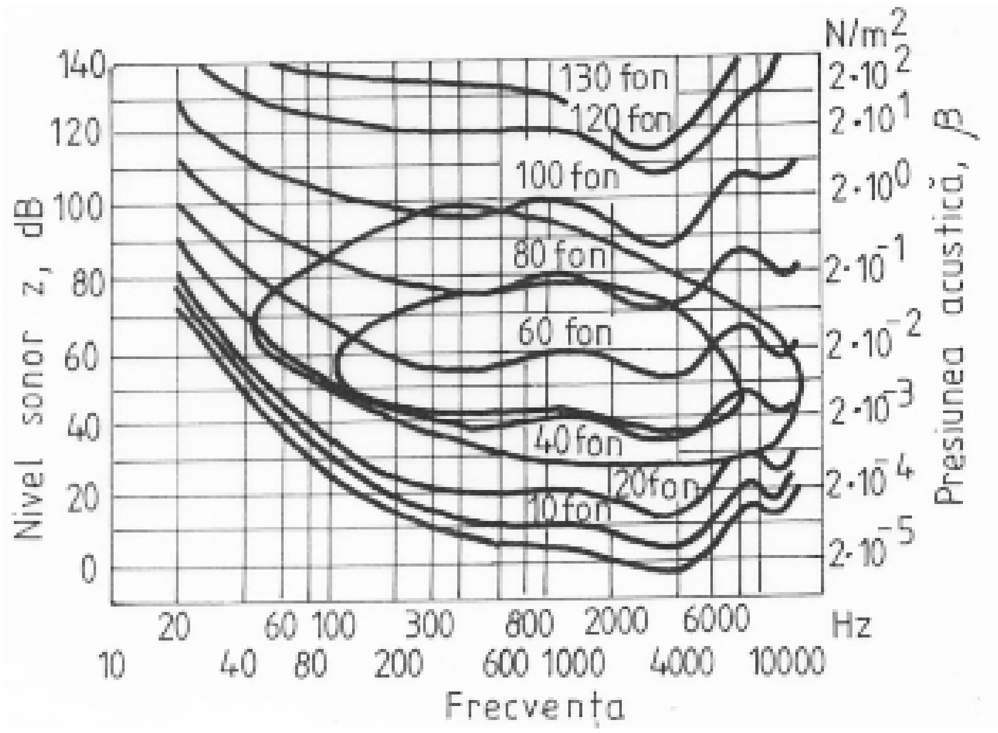


Fig.31 Curbele de egală tărie acustică a urechii umane.

Astfel, măsurătorile trebuie raportate la frecvența de 1 KHz; pentru aceasta, în circuitul de măsură se prevede un atenuator care are funcția de a pondera rezultatul în raport cu frecvența după o funcție cât mai apropiată de cea a urechii umane. S-au definit în acest scop 4 tipuri de curbe de ponderare A, B, C şi D (fig.32), pentru măsurătorile obişnuite fiind recomandată curba A; unitatea de măsură a zgomotului ponderat după curba A se notează [dBA]. In principiu, ponderarea constă în scăderea, corespunzător funcției respective, a unui nivel sonor ΔZ cu o asemenea mărime încât rezultatul să fie echivalent nivelului sonor de la

frecvenţa de 1 KHz.

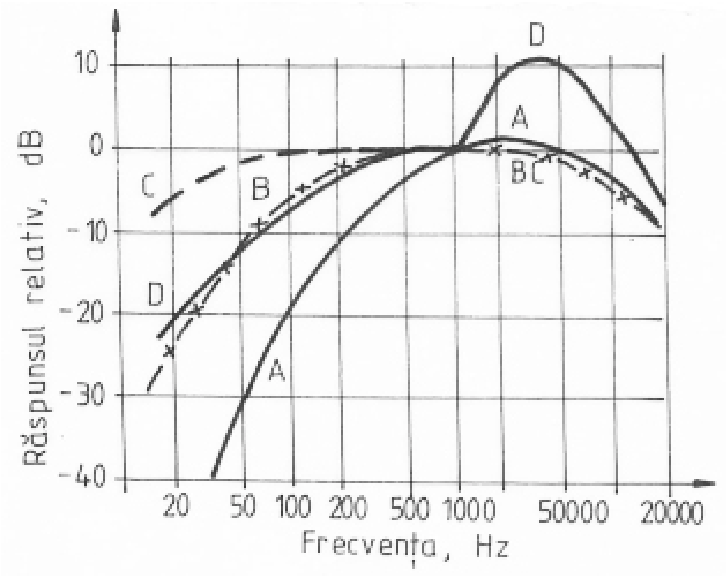


Fig. 32 Curbele de pondere ale echipamentelor de măsură acustice.

Un zgomot specific unei anomalii funcţionale a autovehiculului sau unei eventuale coliziuni uşoare poate fi perceput şi deosebit de alte sunete prin nivel sonor, durată şi prin frecvenţă. Zgomotul menţionat este asociat de regulă cu alte zgomote sau sunete şi poate fi diferenţiat chiar dacă nivelul său sonor este mai mic, când se identifică clar prin durată şi frecvenţă. Pentru aprecierea posibilităţilor de percepţie a unor asemenea zgomote s-a elaborat metoda **curbelor de acoperire** sau **limitelor auditive** (fig.33).

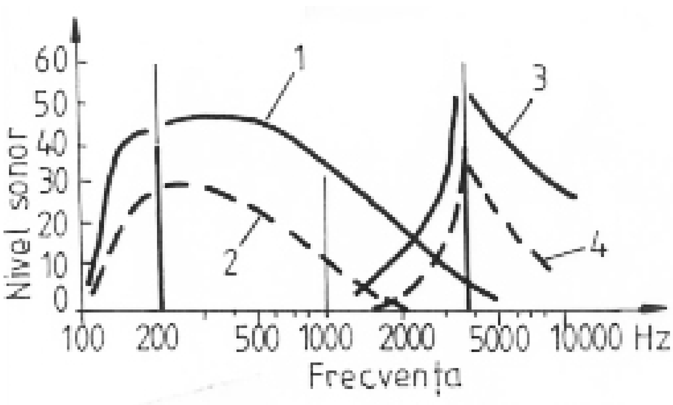


Fig. 33 Curbe de acoperire pentru diverse frecvenţe şi niveluri sonore.

De exemplu, un sunet cu frecvenţa de 200 Hz şi nivelul sonor de 60 dB, acoperă sunetele a căror tărie se află sub curba de acoperire 1; dacă nivelul sonor al aceluiaşi sunet este de 40 dB, se ajunge la curba de acoperire 2. La fel, unui sunet cu frecvenţa de 3,5 Khz îi corespund curba de acoperire 3 pentru nivelul sonor de 60 dB şi curba de acoperire 4, la nivelul de 40 dB. Se poate afirma că un sunet cu frecvenţa de 1 KHz şi nivelul sonor de 30 dB este acoperit (nu poate fi perceput) de sunetul cu frecvenţa de 200 Hz cu nivelul de 60 dB, dar nu şi de cel cu nivelul de 40 dB. De asemeni, sunetul cu frecvenţa de 1 KHz şi nivelul de 30 dB nu poate fi acoperit de sunetul cu frecvenţa de 3,5 KHz, indiferent dacă se manifestă cu un nivel sonor de 40 dB sau de

60 dB.

4.2.2. Percepţia auditivă a coliziunilor uşoare.

Semnalele acustice produse de coliziunile uşoare sunt de multe ori acoperite de alte zgomote (motor, frânare energică , etc.) şi de aceea evaluarea perceptibilităţii lor poate fi făcută după criterii aproximative. Cercetările întreprinse în acest domeniu, prezentate sintetic în [4] permit clasificarea, din punct de vedere al manifestărilor acustice, a coliziunilor în 4 categorii (tab. 3.14).

In mod obişnuit zgomotele care însoţesc coliziunile din categoria I nu pot fi percepute acustic pe de o parte din cauza nivelului sonor mai redus decât cel aferent transmisiei şi funcţionării motorului, iar pe de altă parte, din cauza bunei insonorizări a habitaclului autoturismelor actuale.

Zgomotele provocate de coliziunile din categoria a IV-a au un nivel sonor ridicat şi se percep cu uşurinţă atât de cei aflaţi în exteriorul vehiculelor cât şi de către cei din interiorul lor.

Coliziunile din categoria a II-a pot fi considerate ca perceptibile acustic, cu toate că nu sunt identificate de toţi pasagerii, mai ales în situaţia în care autoturismele sunt foarte bine antifonate.

A III-a categorie de coliziuni este perceptibilă pe cale acustică de toţi ocupanţii autoturismelor.

Declaraţiile martorilor oculari din exteriorul autovehiculelor implicate nu pot fi luate în consideraţie din cauza zgomotului de fond stradal sau a aproximaţiilor generate de depărtarea faţă de locul coliziunii.

Tabelul 3.14 Clasificarea din punct de vedere acustic a coliziunilor uşoare (după [4]).

Catego-ria coliziu-nii	Nivelul sonor al zgomotului interior [dBA]		Nivelul zgomotului exterior (la 1 m distanţă) [dBA]	Caracteristicile coliziunii.
	In autoturismul A (care loveşte)	In autoturismul B (lovit)		
1.	2.	3.	4.	5.
I	43…50	44…53	53…68	- Coliziuni laterale sub unghi ascuţit mai mic de 20º: - Muchia barei paraşoc a autoturismului A loveşte mijlocul unei aripi sau unei portiere de la autoturismul B cu deformări remanente reduse, cu zgârieturi sau mici răzuiri de vopsea.
II	50…60	53…67	68…78	1. Coliziuni laterale sub unghi ascuţit mai mic de 20º: - Muchia barei paraşoc sau roata autoturismului A loveşte roata autoturismului B; - Uşoare deformări remanente la autoturismul B şi frecarea/zgârierea

				vopselei la autoturismul A; 1. Coliziune în diagonală cu unghiuri de la 20…40º până la 40…90º: - Indoiri pe suprafață mare şi deformări remanente uşoare până la medii la autoturismul B.
III	60…70	67…77	78…88	1. Coliziuni laterale sub unghi ascuțit mai mic de 20º: - Roata autoturismului A loveşte roata autoturismului B; - Urme puternice de frecare şi zgâriere a vopselei; - Deformări remanente de la uşoare până la medii la ambele autoturisme; 2. Coliziuni în unghi ascuțit, de la 20º până la 40º: - Muchia barei paraşoc a autoturismului A loveşte mijlocul portierei autoturismului B cu deformații puternice; - Deformații mai mari la autovehiculul B ca la A, cu răzuiri de vopsea.
IV	> 70	> 77	> 88	1. Coliziuni frontale sau laterale în unghi obtuz de 40…90º: - Elementele supuse impactului sunt componentele dure ale caroseriei, barei paraşoc, muchiile de portieră , colțuri de aripi la ambele autoturisme; - Uşoare deformări remanente ale componentelor dure. 2. Toate coliziunile la care amplasarea avariilor depăşeşte limitele prezentate.

4.3. Posibilități de percepție pe cale cinetică .

Senzațiile de echilibru sau de instabilitate sunt percepute de organele urechii interne care sesizează modificări ale poziției şi vitezei, adică accelerația vehiculului pe o direcție oarecare. Limita inferioară de sensibilitate asupra accelerației este de cca. 0,1 g şi depinde de structura psihomotorie a fiecărui individ şi de direcția mişcării, corpul uman manifestând o predispoziție mai mare la percepția accelerațiilor laterale.

Spre deosebire de percepțiile vizuale şi auditive, limita inferioară a percepției cinetice nu intervine în calculul procesului de reacție al conducătorului auto, deoarece situațiile producerii unui accident rutier sunt caracterizate prin accelerații suficient de mari care în mod obişnuit depăşesc pragul de confort. Accelerațiile (decelerațiile) care se dezvoltă pe direcție longitudinală au o valoare de cel mult 1 g (9,81 m/s^2) şi sunt uşor tolerate, fără să genereze situații de disconfort. Pe de altă parte declanşarea unui posibil pericol de accident nu este în prealabil

marcat printr-o accelerație longitudinală decât în situații speciale, cum ar fi cele determinate de manifestarea unor deficiențe tehnice.

Importante în aprecierea pericolelor de accident sunt accelerațiile laterale care, cu toate că nici ele nu pot depăşi 1 g, sunt mult mai puțin tolerate de organism şi pot avertiza conducătorul asupra apariției unei posibile instabilități fie pe direcție transversală fie şi pe direcție longitudinală . Senzația de disconfort creată de accelerațiile laterale reprezintă în fond o reacție de autoapărare a conducătorului şi prin asta semnifică posibilitatea producerii unui accident. Pe baza experienței acumulate în conducerea auto au fost stabilite [5] manifestările generate de deplasarea cu diverse accelerații laterale, care se prezintă sintetic în tab. 3.15.

Tabelul 3.15 Influențe ale accelerației laterale asupra deplasării vehiculului şi senzației de confort a conducătorului.

Valoarea accelerației laterale [m/s^2]	Manifestări în deplasarea vehiculului şi asupra confortului conducătorului.
0,2 g…0,3 g	Obişnuită în traficul normal, nepericuloasă chiar pentru un şofer cu îndemânare redusă. Nu afectează confortul.
0,3 g…0,45 g	Conducere sportivă, adeseori întâlnită în exteriorul localităților, periculoasă în cazul drumurilor umede,nepericuloasă pentru şoferii experimentați. Senzații de disconfort.
0,45 g…0,6 g	La limita alunecării laterale a vehiculului, întâlnită rar în traficul rutier, periculoasă şi pentru şoferii experimentați care cu greu pot evita patinarea. Senzație puternică de disconfort.
Peste 0,6 g	Posibilă numai la deplasarea în mişcările circulare cu viteza constantă, care au scop de încercare a stabilității în curbă . Pe drumuri publice conduce, aproape în toate cazurile, la derapaje şi accidente. Senzații puternice de disconfort.

BIBLIOGRAFIE

1. Blaj, C., D., Psihologia conducătorului auto. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1978.
2. Blaj, C., D., Comportamentul la volan. Ed. Medicală , Bucureşti, 1982.
3. Dan, F., Dan, E., Antonescu, P., D., Interdependenţa dintre stres şi traficul rutier. SMAT, vol. I, Craiova, 2001.
4. Danner, M., Halm, J., Technische Analyse von Verkehrsunfallen, Eurotax (International) A.G., GH – 8808 Plaffikon, 1994.
5. Danner, M., Halm, J., Technische Analyse von Strasenverkehrsunfallen, Kraftfahrzeugtechnischer Verlag, 8000 Munchen, 1984.
6. Durluţ , C., Ionescu, H., Indrumar pentru expertize tehnice auto. Oficiul M. A. G. F. , Bucureşti, 1986.
7. Frăţilă , Gh., Mărculescu, Gh., Sistemele de frânare ale autovehiculelor. Ed. Tehnică , Bucureşti, 1986.
8. Friş, S., E., Timoreva, A., V., Curs de fizică generală , vol. 3, Ed. Tehnică , Bucureşti, 1954.
9. Gorgos, G., Ce ştim şi ce nu ştim despre accidentul de circulaţie. Ed. Medicală , Bucureşti, 1986.
10. Negruş, E., Soare, I., Tănase, F.,Bejan, N., Incercarea autovehiculelor. Ed. Didactică şi Pedagogică , Bucureşti, 1983.
11. Nistor, N., Stoleru, M., Expertiza tehnică a accidentului de circulaţie. Ed. Militară , Bucureşti, 1987.
12. Rosin, A., Mita, N., Ochiul şi circulaţia rutieră . Ed. Medicală , Bucureşti, 1996.
13. Seitz, N., Nagy, T., Sălăjan, C., Dima, D., Lauric, V., Constantin, D., Oţelea, T., Vasilescu, I., Unele aspecte ale dinamicii accidentelor rutiere şi evaluarea mijloacelor de transport auto. CETR, Braşov, 2001.
14. Stark, R., E., Roadway Lighting, IES Rp – 19, 1983, New York, USA, 1983.
15. Urdăreanu, F., Chiriac, V., Gorianu, V., Canţă , T., Propulsia şi circulaţia autovehiculelor cu roţi. Ed. Ştiinţifică şi enciclopedică , Bucureşti, 1987.
16. ***SR EN 27029 – 1998. Prag normal de audibilitate în condiţie aeriană în funcţie de vârstă şi sex pentru persoane otologic normale.
17. ***STAS 6901 – 78. Acustică psihofiziologică. Curbe normale de egal nivel de tărie acustică şi relaţii între nivelurile de presiune acustică .
18. ***Legislaţia rutieră ’99. Ed. Naţional, Bucureşti, 1999.